

SdT



BEST AVAILABLE COPY

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Übersetzung der
europäischen Patentschrift

(37) EP 0 555 432 B1

(10) DE 692 05 413 T2

(51) Int. Cl. 6:
H 02 M 3/158
H 02 M 5/297
H 02 M 7/48

DE 692 05 413 T2

- (21) Deutsches Aktenzeichen: 692 05 413.8
(36) PCT-Aktenzeichen: PCT/FR92/00652
(36) Europäisches Aktenzeichen: 92 916 336.8
(37) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 93/02501
(36) PCT-Anmeldetag: 8. 7. 92
(37) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: 4. 2. 93
(37) Erstveröffentlichung durch das EPA: 18. 8. 93
(37) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 11. 10. 95
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 13. 6. 96

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

25.07.91 FR 9109582

(73) Patentinhaber:

Centre National de la Recherche Scientifique
(C.N.R.S.), Paris, FR

(74) Vertreter:

Weitzel, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 89522
Heidenheim

(84) Benannte Vertragstaaten:

AT, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL, SE

(72) Erfinder:

MEYNARD, Thierry, F-31400 Toulouse, FR; FOCH,
Henri, F-31200 Toulouse, FR

(54) ELEKTRONISCHE VORRICHTUNG ZUR ELEKTRISCHEN ENERGIEUMWANDLUNG.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 05 413 T2

Die Erfindung betrifft eine elektronische Vorrichtung zum Umformen von elektrischer Energie zwischen einer Spannungsquelle und einer Stromquelle, wobei diese Vorrichtung -n- steuerbare Schaltzellen umfasst, von denen 5 jede aus zwei komplementärerweise arbeitenden Schalter besteht, während $n \geq 2$.

Den in den "Techniques de l'Ingénieur, Vol. Electronique, Seiten D3-150 ff." angegebenen Definitionen gemäss versteht man unter "Spannungsquelle" einen elektrischen Dipol (Generator oder Empfänger), dessen Spannung keiner Unterbrechung aufgrund des ausser dieses Dipols angeordneten Kreises unterzogen ist (Beispiele : Akkumulatorenbatterien, Wechselspannungsverteilungsnetz, hohenwertiger Kondensator...); unter "Stromquelle" versteht man einen elektrischen Dipol (Empfänger oder Generator), durch den ein Strom fliesst, der keiner Unterbrechung aufgrund des ausser dieses Dipols angeordneten Kreises unterzogen ist (Beispiele : induktive Last, Spule, Gleichstrommaschine...).

Üblicherweise bestehen die statische 20 Umformungsvorrichtungen aus Zusammensetzungen von Schaltzellen, von denen jede von zwei komplementären Funktionen aufweisenden Schalter ausgebildet ist, wobei der eine Strom führt wenn der andere gesperrt ist ; jede Zelle weist eine verbundene Steuerlogikschaltung auf, die die 25 Komplementarität gewährleistet und die Energieauswechselungen in Abhängigkeit von der Benutzung leitet.

Eine Abwandlung dieser Umformungsvorrichtungen, die "Dreipegelnwechselrichter" benannt ist, ist seit 1981 im Hochspannungsbereich bekannt und benutzt (Literaturstellen : 30 "Ch. Bächle et al, Requirements on the control of a three level four quadrant power converter in a traction application, Proceeding E.P.E. Aachen 1989, S. 577-582" ; B. Velaerts et al, New developments of 3-level PWM strategies, Proceeding

E.P.E. Aachen 1989, S.411-416"). Solche Vorrichtungen bestehen aus Modüle von vier Schalter und diese sind zwischengeschaltet, um zwei Reihen zu bilden und nicht mehr in Komplementarität arbeiten ; zwei Dioden sind mit einem kapazitiven Mittelpunkt verbunden, der mit den vier Spannungsquellen verknüpft ist, um den Wert der von jedem der Schaltern unterzogenen Spannungen auf die Halbspannung zu begrenzen und drei Pegeln der Ausgangsspannung zu liefern (daher kommt die Benennung "Dreipegelnwechselrichter"). Eine spezifische Steuerung ist in einer solchen Vorrichtung nötig um es zu ermöglichen, dass der Diodensatz seine Impulsspitzenabschneiden- und Spannungsverteilungsrolle spielt, diese Steuerung ist aber mit einer Komplementarität des Betriebes der Schalter der beiden Reihen unverträglich. Unter diesen Bedingungen gibt eine solche Vorrichtung als Ausgang eine Spannungswelligkeit ab, deren Amplitude und Frequenz verknüpft sind :

- entweder diese Welligkeit verwirklicht sich zwischen dem Pegel der Zwischenspannung und einem der äussersten Pegeln und weist daher eine Amplitude auf, die nur einen Bruch ($V/2$) der gesamten Speisespannung (V) ist, wobei die Frequenz dieser Welligkeit dann gleich die Steuerrfrequenz (F) der Schalter ist,

- oder diese Welligkeit überdeckt die drei Spannungspegel und weist deshalb eine Amplitude auf, die gleich die gesamte Speisespannung (V) ist, in diesem Fall aber ist die Frequenz dieser Welligkeit ein Vielfaches von der Steuerrfrequenz jedes Schalters ($2F$).

Im ersten Fall würde der begrenzte Wert ($V/2$) der Amplitude der Ausgangsspannungswelligkeit dazu streben, ihres Filtern zu erleichtern, dieses muss aber eine schwache Frequenz F beseitigen, was diesen Vorteil begrenzt. Umgekehrt würde im zweiten Fall die hohe Frequenz ($2F$) der Welligkeit der Ausgangsspannung dazu streben, ihres Filtern

zu erleichtern, der hohe Wert ihrer Amplitude (V) begrenzt aber diesen Vorteil. Deshalb ermöglichen aufgrund ihrer Natur selbst diese Vorrichtungen es nicht, die kombinierten Vorteile einer Amplitudeverminderung ($V/2$) und einer Frequenzmultiplikation (2F) zunutze zu machen.

Ausserdem begrenzt die sehr spezifische Eigentümlichkeit der Steuerung dieser Vorrichtungen, deren Schalter nicht in Komplementarität arbeiten, auf vier die Zahl der Schalter, die sie pro Modul aufweisen können.

Es ist bemerkenswert, dass einige üblichen Wechselrichter (die Pulsweitenmodulationswechselrichter) aus Zusammensetzungen von Schaltzellen bestehen, die parallel zur Spannungsquelle angeordnet sind, wobei die Stromquelle zwischen den Schaltzellen eingeschaltet ist; in diesen Wechselrichter arbeiten die Schalter jeder Zelle in komplementärer Weise ("Patel und Hoft, generalised techniques of harmonic elimination and voltage control in thyristor inverters, I.E.E.E. Transactions on industry applications, Band IA.9, Nr 3, mai-juni 73"). Diese Vorrichtungen können die vorher angegebenen kumulierten Vorteile aufweisen (verminderte Spannungswelligkeit und vervielfachte Frequenz); in diesen Wechselrichter muss jedoch jeder Schalter die Gesamtheit der Gesamtspeisespannung aushalten, was für hohe Spannungen ein schwerer Mangel im Verhältnis mit den vorhergehenden Vorrichtungen ist, in denen die an den Klemmen jedes Schalters vorhandene Spannung ein Bruch ($V/2$) der Gesamtspannung V ist. Ausserdem ist die Zahl der am Ausgang dieser Wechselrichter gelieferten Spannungspegeln auf 3 und die Frequenzmultiplikation auf 2 begrenzt, unabhängig von der Zahl der parallel geschalteten Zellen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Umformungsvorrichtung zu schaffen, die die folgende Vorteile kumuliert:

- die Möglichkeit eine hohe Zahl (n) von Zellen einzusetzen, wobei diese Zahl 2 aber auch einen höheren Wert (3 oder mehr) aufweisen kann,
 - s - die von jedem Schalter vertragene Spannung ist gleich ein Bruch (V/n) der Gesamtspeisespannung (V),
 - die Welligkeit der Ausgangsspannung ist auf den Bruch (V/n) der Gesamtspannung (V) begrenzt,
 - die Frequenz dieser Welligkeit ist ein Vielfaches (nF) der Schaltfrequenz (F) jedes Schalters.
- 10 Dazu umfasst die erfundungsgemäße Vorrichtung zum Umformen von elektrischer Energie zwischen einer Spannungsquelle und einer Stromquelle die folgenden Mittel :
- . -n- steuerbare Schaltzellen, von denen jede zwei Schalter mit $n \geq 2$ aufweist, wobei jede Zelle durch einen Index k bezeichnet ist, während $1 \leq k \leq n$,
 - . eine an jede Schaltzelle angeschlossene Steuerlogikschaltung, um dieser Steuersignale der Frequenz F zuzuführen, wobei die besagten Steuersignale so beschaffen sind, dass sie entgegengestzte Schaltungen der beiden Schaltern der Zelle gewährleisten,
 - . Steuermittel, die so beschaffen sind, dass sie den Steuerlogikschaltungen in Abhängigkeit von der gewünschten Energieumformung ein Bezugssignal sr zuzuführen,
 - . -n- in Reihe geschaltete homologe Schalter der Zellen und die anderen ihrerseits in Reihe geschaltenen -n- homologen Schalter, so dass zwei symmetrische Reihen, die sogenannte Reihe A und die sogenannte Reihe B, gebildet werden, in denen die beiden Schalter ein und derselben Zelle im Verhältnis zu der Stromquelle symmetrische Lagen einnehmen,
 - . bei dem die beiden Schalterreihe A und B einerseits durch ein gemeinsames Ende mit der Stromquelle und andererseits durch ihre entgegengesetzten Enden mit der Spannungsquelle verbunden sind, wobei der den Zellen

zugeteilte Index k von der Zelle, deren Schalter unmittelbar mit der Stromquelle verbunden sind, bis zu der Zelle, deren Schalter unmittelbar mit der Spannungsquelle verbunden sind, zunimmt.

5 Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass :

10 . mit den Schaltzellen Kondensatoren so verbunden sind, dass die symmetrischen Klemmen der beiden Schalter jeder Zelle über einen Kondensator miteinander verknüpft sind, um zwischen den besagten Klemmen eine Spannung, die sogenannte Kondensatorladespannung, aufzurechterhalten und einen abwechselnden Stromfluss von dem einen Schalter zu dem anderen Schalter der Zelle zu gewährleisten,

15 . bei dem die Steuerlogikschaltungen der -n- Schaltzellen synchronisiert sind, um deren Steuersignale der Zeit nach zu verteilen, so dass der in jedem Kondensator fliessende Strom während einer Periode $1/F$ einen mittleren Wert aufweist, der mit der Änderung der Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle während der gleichen Periode im wesentlichen proportional und insbesondere bei einer Gleichspannungsquelle im wesentlichen null ist.

20 Wie es weiter verständlich sein wird, vertragen die an den Klemmen jeder Zelle angeordneten Kondensatoren zunehmenden Brüche der Spannung der Quelle in Abhängigkeit von ihrem Index. Der Unterschied zwischen den Kondensatorladespannungen der aufeinander folgenden Kondensatoren ist somit gleich V/n und dieser Unterschied (V/n) wird von den beiden Schalter der mit den betreffenden Kondensatoren verbundene Zelle vertragen. Außerdem wird es mit der Synchronisierung der Steuerlogikschaltungen erlaubt, dass eine Frequenz (nF) der Welligkeit der Ausgangsspannung erhalten wird, die aufgrund der Verschiebungen der auf jeder Periode $1/F$ verteilten Schaltungen der n Zellen ein Vielfaches der Steuerfrequenz (F)

ist. Ausserdem hat diese Verschiebung das Entstehen von -n- von der Ausgangsspannung unterschiedenen Pegeln zur Folge (-n- regelmässig auf der Periode 1/F verteilten Pegeln, wobei zwei benachbarten Pegeln mit einer V/n gleichen Spannung getrennt sind).

Die Funktion jeder Zelle ist ähnlich wie die der benachbarten Zelle (abgesehen von der zeitlichen Verschiebung), so dass es möglich ist, bei jeder Anwendung Steuerlogikschaltungen leicht zu entwickeln, die die Steuerung der gewünschten Energieaustausche unabhängig von der Zahl -n- der eingesetzten Zellen ermöglichen (wobei alle diese Steuerlogikschaltungen in ihrer Struktur ähnlich sind, da sie von diesen gelieferten Steuersignalen die gleiche Gestaltung aufweisen und sich auseinander durch Verschiebung abherleiten).

Die nachfolgende Beschreibung erläutert die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung, die ein integrierender Bestandteil der vorliegende Beschreibung ist. Es zeigen :

- Figur 1 einen elektrischen Prinzipschaltplan der erfindungsgemässen Umformungsvorrichtung, wobei seine Leistungs- und Steuerungs-Teile angezeigt sind,
- Figur 2 ein Ausführungsbeispiel des Steuerungsteil dieser Vorrichtung,
- Figur 3a die der nacheinander folgenden k und k + 1 Zellen zugelieferten Logiksignale,
- Figuren 3b und 3c beziehungsweise den Verlauf des im mit der mit Index k bezeichneten Zelle in Verbindung stehenden Kondensator C_k fliessenden Stroms und den Verlauf der an den Klemmen dieses Kondensators vorhandenen Spannung V_{ck} ,
- Figur 4 einen elektronischen Schaltplan eines Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung im Falle einer Gleichspannungsquelle und einer Gleichstromquelle (Gleichstromsteller),

- Figur 5 den Verlauf der verschiedenen Signale bezüglich des Steuerungsteils dieser Vorrichtung,
- Figur 6 den Verlauf der Ströme und Spannungen im Leistungsteil dieser Vorrichtung, wobei Figur 7 den Verlauf der an den Klemmen der Kondensatoren vorhandenen Spannungen,
- Figur 8 einen elektronischen Schaltplan einer anderen Ausführungsbeispiel im Falle einer konstanten Spannungsquelle und einer symmetrischen Wechselstromquelle,
- Figur 9 den Verlauf der verschiedenen Signale bezüglich des Steuerungsteils dieser Vorrichtung,
- Figur 10 den Verlauf der Ströme und Spannungen im Leistungsteil dieser Vorrichtung, wobei Figur 11 den Verlauf der an den Klemmen der Kondensatoren vorhandenen Spannungen,
- Figur 12 einen Schaltplan einer Abwandlung der Vorrichtung der Figur 8, mit zwei Schaltzellen,
- Figuren 13 und 14 den Verlauf von Signale der Vorrichtung der Figur 12,
- Figur 15 einen elektronischen Schaltplan einer anderen Ausführungsbeispiel im Falle einer Wechselspannungsquelle und einer konstanten Stromquelle,
- Figuren 16, 17, 18, 19, 20 et 21 den Verlauf von Signale der Vorrichtung der Figur 15,
- Figur 22 einen elektronischen Schaltplan einer anderen Ausführungsbeispiel im Falle einer Wechselspannungsquelle und einer Wechselstromquelle,
- Figuren 23, 24, 25, 26 et 27 den Verlauf von Signale der Vorrichtung der Figur 22.

Die in Figur 1 dargestellte Vorrichtung umfasst n Schaltzellen CL₁, CL₂...CL_k...CL_n, wobei n eine beliebige ganze Zahl grösser oder gleich 2 ist. Jede Zelle besteht aus zwei mit I_{Ak} und I_{Bk} symbolisch dargestellten Schalter, die so gesteuert

sind, um komplementäre Zustände jederzeit aufzuweisen ; vorzugsweise sind diese Schalter statische Halbleiterschalter.

Die Schalter der n Zelle sind in Reihe geschaltet und bilden die Reihe A der Vorrichtung, wobei die n anderen Schalter die Reihe B bilden. Die beiden Reihen A und B sind einerseits durch ein gemeinsames Ende mit einer Stromquelle J (nach der oben angegebenen Definition) und andererseits durch ihre entgegengesetzten Enden mit den Klemmen einer Spannungsquelle E verbunden (nach der oben angegebene Definition). Die Zelle CL_1 ist unmittelbar mit der Stromquelle J verbunden, wobei die anderen Zellen von dieser Quelle mit zunehmendem Index k bis zur mit dem Index n angegeben Zelle sich entfernen, die unmittelbar mit den Klemmen der Spannungsquelle E verbunden ist.

Die Stromquelle J und die Spannungsquelle E können unterschiedliche Eigenschaften je nach Anwendung (Gleich- oder Wechsel-Strom, Gleich-oder Wechsel-Spannung, Generator, Empfänger). Die Schalter sind in Abhängigkeit von dieser Eigenschaften so gewählt, dass ihre Spannungsumsteuerbarkeit gleich wie die Spannungsquelle E ist und dass ihre Stromsumme steuerbarkeit mit der der Stromquelle J identisch ist.

Mit jeder Schaltzelle CL_k ist ein Kondensator C_k verbunden, der zwischen den symmetrischen Klemmen der beiden Schaltern I_{Ak} und I_{Bk} der betreffenden Zelle CL_k geschaltet ist (wobei der mit Index k angegebenen Kondensator C_k zwischen einerseits der gemeinsamen Klemme der Schalter I_{Ak} und I_{Ak+1} und andererseits der gemeinsamen Klemme der Schalter I_{Bk} und I_{Bk+1} geschaltet ist). Die letzte Zelle CL_n kann mit einem spezifischen Kondensator C_n (gestrichelt in Figur 1 dargestellt) verbunden sein, in der Annahme dass die Quelle E keine ideale Spannungsquelle ist, um ihre Mängel auszugleichen ; entgegengesetztenfalls spielt

die Quelle E, die ideal ist, die Rolle eines Kondensators C_n für die Zelle CL_n .

- Der gesperrte Schalter (I_{Ak} im dargestellten Beispiel) der Zelle CL_k verträgt den an den Klemmen der beiden benachbarten Kondensatoren C_k und C_{k-1} vorhandenen Spannungsunterschied $V_{ck} - V_{ck-1}$. Jeder Kondensator ausübt die Funktion, an seine Klemmen eine Spannung, die sogenannte Kondensatorladespannung V_{ck} , aufrechtzuhalten ; eine Verteilung dieser mit dem Index des Kondensators proportionalen Ladespannungen $V_{ck} = kV/n$ (wobei V die an den Klemmen der Quelle E vorhandene Spannung ist) gewährleistet an den Klemmen der gesperrten Schaltern einen Spannungsunterschied $V_{ck} - V_{ck-1}$, der für alle gesperrten Schalter gleich V/n ist. Je nach den Zuständen der Schalter der beiden Zellen CL_{k+1} und CL_k ist der im mit der Zelle CL_k verbundenen Kondensator C_k fliessende Strom i_{ck} gleich : + I, 0 oder -I (wobei I der durch die Stromquelle J fliessende Strom ist). Jeder Kondensator C_k ist so bemessen, dass er eine Kapazität c_k bietet, die ausreichend hoch ist, damit die Spannungsschwankungen V_{ck} an seinen Klemmen gering im Verhältnis mit der Spannung kV/n und insbesondere geringer als $0,2 V/n$ sind (wobei die maximale Spannung an den Klemmen der gesperrten Schalter dann auf $1,4 V/n$ begrenzt ist).
- Ausserdem ist jeder Kondensator so gewählt, dass er einen mit seinem Index zunehmenden Spannungswert aufweist, der höher als $k \cdot V_{max}/n$, wobei V_{max} der maximale Wert der Spannung V ist. Selbstverständlich steht nichts daran entgegen, dass die Kondensatoren identisch sind : sie sind dann so bemessen, dass sie die Spannung V_{max} (die eventuell an den letzten von diesen ansetzbar ist) aushalten.
- Andererseits umfasst die Vorrichtung n Steuerlogikschaltungen $LG_1, \dots, LG_k, \dots, LG_n$, wobei eine Logikschaltung mit jeder Schaltzelle verbunden ist, um dieser

Steuerlogiksignale $sc_1, sc_2 \dots sc_k \dots sc_n$ der Frequenz F zu liefern, die so geeignet sind, dass sie die entgegengesetzten Umschaltungen der beiden Schalter der Zelle bei der Frequenz F gewährleisten.

- 5 Jede Logikschaltung, deren bekannte Struktur allgemein aus einer Vergleichsstufe und einer Anpassungsschaltung (abhängig vom Typ der von der Logikschaltung gesteuerten Schalter), erhält von Steuermittel (in den Figuren mit einem Steuergenerator GP symbolisch dargestellt) einen Gleichstrom- (DC) oder Wechselstrom- (AC) Bezugssignal sr ,
- 10 der von der gewünschten Energieumformung abhängt. Dieser Generator hängt von der Anwendung ab und kann zum Beispiel einen Bezugssignal liefern, das eine Stromregelung (der Ausgangsstrom I beträgt einen gegebenen Wert unabhängig von den Schwankungen der Eingangsspannung V) bedingt.
- 15

Die Steuerlogikschaltungen LG_k können identische Strukturen aufweisen und durch Ihre Synchronisation werden die versetzten Umschaltungen der Zellen CL_k so geleitet, dass:

- 20 . die Welligkeit der Ausgangsspannung V_e eine Amplitude gleich V/n und eine Frequenz nF , die ein Vielfaches der Schaltfrequenz F der Schalter I_{Ak} und I_{Bk} ist, aufweist,
- 25 . die von jedem Kondensator V_{ek} vertragene Spannung gleich dem Bruch kV/n der Speisespannung V ist.

- 30 Dazu sind die Steuerlogikschaltungen mit Synchronisationsmittel SYNCHRO verbunden, die so beschaffen sind, dass sie den Logikschaltungen Synchronisationssignale $sy_1, \dots, sy_k, \dots, sy_n$ liefern, die so beschaffen sind, dass sie das zeitliche Verteilungsgesetz der von den Logikschaltungen LG_k ausgegebenen Steuersignale sc_k vermitteln. Diese Verteilung des Steuersignale erlaubt eine Steuerung der Spannung V_{ek} an den Klemmen jedes Kondensators, so dass diese etwa proportional mit ihrem Index k ist (kV/n).

Dieses Ergebnis wird durch die Steuerung des in jedem Kondensator fliessenden Stromes i_{Ck} so erhalten, dass der Kondensator auf einer Periode $1/F$ einen Mittelwert aufweist, die etwa proportional mit der Schwankung der Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle E auf der selben Periode, und insbesondere gleich Null im Falle einer Gleichspannungsquelle ist. Diese Steuerung kann insbesondere dadurch durchgeföhrt werden, indem den Steuerlogikschaltungen LG_k Synchronisationssignale sy_k geliefert werden, die am Ausgang dieser Logikschaltungen der Zeit nach versetzte Steuersignale sc_k bedingen, die Logikzustände e_k und e_{k+1} der benachbarten Zellen mit vorgestimmten relativen Dauer vermitteln. Der Logikzustand e_k einer Zelle CL_k ist bestimmt als gleich 1 wenn der Schalter I_{Ak} der Zelle der Reihe A Strom führt (wobei der andere Schalter I_{Bk} der Zelle der Reihe B gesperrt ist) und gleich 0 wenn der Schalter dieser Reihe A gesperrt ist (wobei der andere Schalter der Zelle der Reihe B Strom führt).

Wie es in den folgenden Beispiele ersichtlich sein wird, hängt die Struktur der Synchronisationsmittel von den Eigenschaften der Spannungsquelle E und der Stromquelle J ab.

Figur 2 stellt eine mögliche Struktur der Synchronisationsmittel SYNCHRO eindeutig dar.

In diesem Beispiel umfassen diese Synchronisationsmittel einen Oszillator OSC der Frequenz F und eine Folge von Verzögerungsschaltungen RET_k , die einen Satz von n versetzten Signalen sd_k für zwei aufeinander folgenden Signale mit einem Zeitabstand gleich $1/nF$ erzeugen. Diese Signale werden in n Summiergliedern SM_k korrigiert, von denen jeder einen Korrektursignal sg_k erhält und als Ausgang die Synchronisationssignale sy_k liefert. Die Korrektursignale sg_k werden in Korrektoren COR_k ausgearbeitet, die als Informationen die Werte der Spannung V und des Stromes I

erhalten. Der von jedem Korrektor COR_k gelieferte Korrektursignal sg_k ist proportional mit dem Index k des Korrektors, mit der Frequenz F , mit der Spannungsschwankung $V_0 - V_1$ auf der Periode $1/F$ und mit der Kapazität des Kondensators mit gleichem Index und umgekehrt proportional mit dem Mittelwert $(I_0 + I_1)/2$ des Stromes auf der gleichen Periode :

$$sg_k \text{ proportional mit } [4 C_k \cdot k (V_0 - V_1) F] / (I_0 + I_1) n$$

Diese Werte der Korrektursignalen sg_k gewährleisten die geeignete Verteilung der von der Logikschaltungen LG_k Steuersignalen sck und daher die vorher erwähnte Verteilung des Spannungen an den Klemmen der Kondensatoren und der Schalter.

Es ist bemerkenswert, dass die im obigen Beispiel ausgeführte Korrektur betreffend die Synchronisationsmittel SYNCHRO kann auch (mit einem entgegengesetzten Vorzeichen) auf das vom Steuergenerator gelieferte Bezugssignal sr ausgeführt werden ; da die Logikschaltungen LG_k aus (von Anpassungsschaltungen gefolgte) Vergleichsstufen bestehen, sind beide Aufbaue funktionmäßig äquivalent und die im Falle einer Aufbau oder der anderen bestimmte Erfindung erstreckt sich selbverständlich auf die Gesamtheit der beiden Aufbauen.

Figur 3a zeigt den Verlauf der Steuersignale sck et $sck+1$, die von der Steuerlogikschaltung LG_k und LG_{k+1} zur beiden Zellen CL_k und CL_{k+1} ausgegeben werden (diese Signale stellen die Logikzustände e_k und e_{k+1} dieser Zellen dar). Diese Signale mit Frequenz F sind zeitlich versetzt und unterschiedliche Dauer aufweisen (aufgrund der eingeführten Korrekturgliedern).

In Figur 3b wurde den Verlauf des Stromes I_{ck} in den Kondensator C_k schematisch dargestellt, welcher wechselweise die Werte $+I$, 0 , $-I$ je nach den bezüglichen Stellungen der Fronten der Signale sck und $sck+1$ (I : durch die Stromquelle

fliessender, als veränderlich angenommener Strom) aufweist.
 Der Fluss dieses Stromes I_{ck} durch den Kondensator C_k
 erzeugt eine Schwankung der Spannung V_{ck} an seinen
 Klemmen : der Verlauf dieser Spannung ist in Figur 3c
 dargestellt. Auf einer Periode $1/F$ ist das Fortschreiten der
 Spannung V_{ck} proportional mit der Schwankung der Spannung
⁵ V auf der selben Periode und mit dem Index k des
 Kondensators : V_{ck} bleibt jederzeit nah vom Wert kV/n .

Figur 4 ist ein Ausführungsbeispiel der oben genannten
¹⁰ Vorrichtung im Falle einer Gleichspannungsquelle E und einer
 Gleichstromquelle J (in allen Figuren wurden die gleichen
 Bezugszeichen für ähnliche Teile benutzt, um das Verständnis
 zu erleichtern).

In diesem Beispiel, das drei Schaltzellen umfasst, sind
¹⁵ die Schalter I_{A1}, I_{A2}, I_{A3} der Reihe A ansteuerbare und
 löschbare Schalter, insbesondere bipolare Transistoren (oder
 auch Darlington Transistoren, MOST, GTO, IGBT...). Die
 Schalter I_{B1}, I_{B2}, I_{B3} der Reihe B sind Schalter mit spontaner
 Doppelschaltung, d. h. Dioden.

Bei dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel so
 angepasst, dass die zwei Zellen mit aufeinander folgenden
 Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignalen s_{ck}, s_{ck+1} diesen
 Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen
 sind, dass, wenn $e_k \neq e_{k+1}$, die summierte Dauer, während
²⁵ denen e_k UND $\bar{e}_{k+1} = 1$, im wesentlichen gleich die summierte
 Dauer sind, während denen \bar{e}_k UND $e_{k+1} = 1$.

Dazu umfassen die Synchronisationsmittel SYNCHRO
 Mittel zur Erzeugung phasen versetzter Dreiecksignale, die im
 dargestellten Beispiel aus einem Dreiecksignalengenerator
³⁰ OSCT, der einen Signal s_{d3} mit Frequenz F ausgibt, dessen
 Verlauf in Figur 5 dargestellt ist, und aus einem anderen
 Phasenschieber RET_2 , dessen Ausgang mit einem anderen
 Phasenschieber RET_1 verbunden ist, bestehen. Die
 Phasenschieber führen eine Phasenverschiebung von $2\pi/n$, d.

h. im vorliegenden Beispiel $2\pi/3$, ein. Die Signale, die vom Generator OSCT (sd_3), vom Phasenschieber RET₂ (sd_2) und vom Phasenschieber RET₁ (sd_1) ausgegeben werden, weisen relative Phasen von 0, $2\pi/3$ und $4\pi/3$ auf und werden beziehungsweise zu den Vergleichstufen geliefert LG₃, LG₂, LG₁ der Steuerlogikschaltungen. Der Steuergenerator GP gibt wie vorher das Bezugssignal sr zu dem anderen Eingang der Vergleichstufen ab. In der Gleichspannung/Gleichstrom Anwendung ist das Signal sr ein Gleichstromsignal und verändert sich in Abhängigkeit von der gewünschten Energieaustausch.

Am Ausgang der Vergleichstufen, LG₃, LG₂, LG₁ sind die drei Steuersignale sc₃, sc₂, sc₁ vorhanden, die aus Logiksignalen mit dem Wert 1 wenn $sd_k < sr$ und mit dem Wert 0 entgegengesetztenfalls bestehen.

Diese Signale werden nach Anpassung der Steuerelektrode der Schalter I_{A3}, I_{A2} und I_{A1} angeliefert.

Figur 6 zeigt den Verlauf der Ströme i_C , und i_{C2} , die die Kondensatoren C₁ und C₂ durchfliessen (die als ideale angenommene Spannungsquelle E spielt dabei die Rolle des Kondensators C₃). Es ist bemerkenswert, dass, wenn zwei nacheinander folgende Zellen in verschiedenen Zuständen ϵ_k und ϵ_{k+1} sind, der Strom i von der Quelle J in der einen oder der anderen Richtung durch den zwischen den zwei betreffenden Zellen liegenden Kondensator fliesset ; im Gegenteil ist der Strom in diesem Kondensator null, wenn die beiden Zellen in gleichen Zuständen sind.

Der letzte Diagramm der Figur 6 zeigt die Ausgangsspannung V_s; diese Spannung weist eine Welligkeit der Frequenz 3F und einer Amplitude E/3 auf: diese zwei Umstände erleichtern das Filtern dieser Spannung.

Figur 7 zeigt die Ausgleichung der Spannungen, V_{c1} und V_{c2} an den Klemmen der Kondensatoren C₁ und C₂ durch Vergleichung mit der an den Klemmen der Spannungsquelle E

vorhandenen Gleichspannung V . Es wird festgestellt, dass die an den Klemmen eines Kondensators k vorhandene Spannung V_{ek} im wesentlichen gleich kV/n ist (im vorliegenden Falle $kV/3$).

- 5 Die an den Klemmen eines Schalters I_{Ak} oder I_{Bk} vorhandene Spannung (V_{IAk} oder V_{IkB}) ist entweder null oder gleich der an den Klemmen der beiden Kondensatoren C_{k-1} und C_k vorhandene Spannungsunterschied, zwischen denen er liegt. Daraus erfolgt, dass diese Spannung auf V/n (im vorliegenden Falle $kV/3$) begrenzt ist.
- 10

- 15 Figur 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung im Falle einer Gleichspannungsquelle E und einer Stromquelle J , die einen symmetrischen mit Frequenz f_1 Wechselstrom liefert (die Schaltfrequenz F ist beträchtlich grösser als dieser Frequenz f_1). Dieses Beispiel entspricht zu einem Spannungswechselrichter (Gleichspannung/Wechselspannung Umwandler) oder unter Berücksichtigung der Umschaltbarkeit zu einem Stromrichter (Wechselstrom/Gleichstrom Umwandler).
- 20

- 25 Im dargestellten Beispiel, das auch drei Zellen umfasst (das aber auf n Zellen allgemein verbreitet werden kann), sind alle Schalter $I_{A1}, I_{A2}, I_{A3}, I_{B1}, I_{B2}, I_{B3}$ vom gleichen Typ, stromumschaltbar und spannungsgerichtet ; In Figur 8 bestehen sie aus bipolaren Transistoren, von denen jeder mit einer gegenparallel geschaltete Diode verbunden ist ; jeder von diesen Transistoren kann durch einen Darlington, MOST, GTO, IGBT...Transistor in Abhängigkeit von den Anwendungen ersetzt werden.
- 30

- 35 In dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel SYNCHRO so angepasst, das die den beiden Zellen CL_k und CL_{k+1} mit nacheinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale s_{ck} und s_{ck+1} diesen Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen sind, dass :

der logische Wert e_k UND $\overline{e_{k+1}}$ periodisch mit der Frequenz $2 f_i$ ist, die das Doppelte der Frequenz der Stromquelle J ist.

s der logische Wert $\overline{e_k}$ UND e_{k+1} auch periodisch mit der gleichen Frequenz $2 f_i$ ist.

Dazu sind die Steuermittel GP angepasst, um einen symmetrischen Wechselstrombezugssignal der Frequenz f_i auszugeben; außerdem umfassen die Synchronisationsmittel Mittel zur Erzeugung symmetrischer Wechselstromdreiecksignale s_{dk} , die im vorliegenden Beispiel aus n den n Zellen entsprechenden und mit dem gleichen Index Generator OSCT, RET_2 , RET_1 bestehen, wobei die Generatoren eine gleiche Amplitude und eine gleiche, Frequenz -F-, ein Vielfaches der Frequenz f_i , aufweisen, um Dreiecksignale auszugeben, die so der Zeit nach versetzt sind, dass das vom Generator mit Index $k+1$ ausgegebene Signal s_{dk+1} im Verhältnis zu dem vom mit Index k Generator ausgegebenen Signal s_{dk} der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ versetzt ist.

20 Jede von den n Logikschaltungen LG_k besteht aus einer mit den Steuermittel GP verbundenen Vergleichsstufe und aus einem Dreiecksignalgenerator, wobei die mit dem mit Index k Generator verbundene Vergleichsstufe mit der mit Index k Schaltzelle verbunden ist, um diese in Abhängigkeit von den 25 relativen Werten der beiden von der Vergleichsstufe empfangenen Signalen (s_{dk} , s_r) zu steuern.

Wie vorher können die Dreiecksignalgeneratoren aus einem Oszillator OSCT und einer Reihe von Phasenschieber RET_k $2\pi/n$ bestehen, um von einem zum folgenden um $2\pi/n$ versetzte Dreiecksignale auszugeben.

Am Ausgang der Vergleichsstufen LG_3 , LG_2 , LG_1 der Steuerlogikschaltungen erscheinen Steuersignale sc_3 , sc_2 , sc_1 , die Eigenschaften aufweisen, die den vorher schon beschriebenen Eigenschaften ähnlich sind. Diese in Figur 8

gezeigte Signale werden den Schaltern I_{A3} , I_{A2} und I_{A1} zugeführt. Die schon im vorigen Ausführungsbeispiel zitierte Umstände werden im vorliegenden Falle bestätigt. Nach Umschaltung und galvanischer Trennung in Schaltungen INV_k gewährleisten diese Signale die Steuerung der drei anderen Schalter I_{B3} , I_{B2} , I_{B1} .

Figur 10 zeigt den Verlauf der in den Kondensatoren C_1 und C_2 durchfliessende Ströme. Die gleiche als im vorliegenden Falle Kommentare können abgegeben werden.
Der letzte Diagramm der Figur 10 zeigt die Ausgangsspannung V_s : wie vorher weist diese Spannung eine Spannungswelligkeit der Frequenz nF und Amplitude E/n ($n = 3$ im dargestellten Falle von drei Zellen).

Figur 11 zeigt die Ausgleichung der an den Klemmen der Kondensatoren vorhandenen Spannungen : die an den Klemmen des mit Index k Kondensators vorhandene Spannung V_{ok} ist im wesentlichen gleich kV/n . Ausserdem wird auch in diesem Falle die an den Klemmen eines Schalters vorhandene Spannung auf V/n (im vorliegenden Falle $V/3$) begrenzt.

Figur 12 zeigt eine Abwandlung der in der Figur 8 dargestellten Vorrichtung (Gleichspannungsquelle E und symmetrische Wechselstromquelle der Frequenz f_i). In der Vorrichtung der Figur 12 ist der Zahl n der Zellen gleich 2 und die Schaltfrequenz F gleich die Frequenz f_i der Stromquelle. Der Leistungsteil der Vorrichtung ist dem von Figur 8 ähnlich ; der vom Steuergenerator ausgegebene Bezugssignal s_r wird in der mit der zweiten Zelle verbundenen Steuerlogikschaltung $LG2$ so verarbeitet, dass ein Steuersignal s_{C2} mit Frequenz f_i ausgegeben wird. Diese Steuerlogikschaltung $LG2$ kann zum Beispiel aus einem vorbestimmte Steuermuster abspeichenden Speicher bestehen, die mit der Frequenz $F = f_i$ ausgelesen und in Abhängigkeit vom Signal s_r ausgewählt werden. Dieses Signal, der zur Steuerung der Zelle CL_2 (nach Umschaltung für den Schalter der Reihe B) dient, wird von der mit der Zelle CL_1

verbunden Logikschaltung LG_1 empfangen, um einen Steuersignal sc_1 , der besagten Zelle CL_1 auszuliefern. Die Steuersignale sc_1 und sc_2 vermitteln diesen Zellen Logikzustände e_1 und e_2 , die so beschaffen sind, dass e_2 dadurch erhalten wird, dass e_1 komplementiert und um einer halben Periode $1/2F$ versetzt wird.

Dazu kann die Logikschaltung LG_1 , insbesondere aus einem Inverter mit einem nachgeschalteten π Phasenschieber DEPH bestehen. Gegebenenfalls kann der Signal sc_1 (wie der Signal sc_2) in einem Speicher abgespeichert werden, um mit der Frequenz $F = f_i$ auslesbar sein.

Figur 13 zeigt die Steuersignale sc_1 und sc_2 ; der letzte Diagramm dieser Figur zeigt strichpunktiert den Strom I der quelle J und in Volllinie den durch den Kondensator C_1 fliessenden Strom I_{c1} ; es ist festzustellen, dass dieser Strom einen Mittelwert aufweist, der gleich Null ist.

Figur 14 zeigt den Verlauf der Ausgangsspannung V_s des Systems (die eine Dreipegelspannung ist); deshalb ist die Spannung V_{c1} an den Klemmen des Kondensators C_1 im wesentlichen gleich $V/2$ und die Spannung an den Klemmen des Schalters I_A_1 auf $V/2$ begrenzt.

Figur 15 ist ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung im Falle einer symmetrischen Wechselstromquelle E der Frequenz f_v und einer Gleichstromquelle J (wobei die Schaltfrequenz F beträchtlich grösser als dieser Frequenz f_v ist). Dieses Beispiel entspricht zu einem Wechselstrom/Gleichstrom und/oder Gleichstrom/Wechselstrom Wandler (Gleichrichter oder umschaltbarer Wechselrichter).

Im dargestellten Beispiel, das drei Zellen umfasst (das aber auf n Zellen allgemein verbreitet werden kann) sind alle Schalter $I_{A1}, I_{A2}, I_{A3}, I_{B1}, I_{B2}, I_{B3}$ vom gleichen Typ, spannungsumschaltbar und stromgerichtet; in Figur 15 bestehen sie aus bipolaren Transistoren, von denen jeder mit

5 einer in Reihe geschaltete Diode verbunden ist ; jeder von diesen Transistoren kann durch einen Darlington, MOST, GTO (der nicht zwangsläufig eine Reihendiode erfordert), IGBT...Transistor in Abhängigkeit von den Anwendungen ersetzt werden.

10 In dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel so angepasst, dass die den beiden Zellen CL_k und CL_{k+1} mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale s_{ck} und s_{ck+1} , diesen Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen sind, dass je Periode 1/F der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands e_k UND $e_{k+1} = 1$ und der Dauer des Zustands e_k UND $e_{k+1} = 1$ im wesentlichen gleich

$$15 \quad \frac{c_k \cdot k}{T} \cdot \frac{1}{n} \left| V_0 - V_1 \right|$$

ist

wobei c_k die Kapazität des Kondensators mit dem Index k ist,

1 der Stromwert der Stromquelle ist,

20 V_0 die Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle zu Beginn der betreffenden Periode 1/F und V_1 diese Spannung bei Abschluss dieser Periode ist.

Dazu sind die Steuermittel angepasst, um einen symmetrischen Gleichstrombezugssignal sr mit Frequenz f_v , das in Figur 16 dargestellt ist ; ausserdem umfassen die Synchronisationsmittel SYNCHRO :

30 Mittel zur Erzeugung von n symmetrische Wechselstrom-Dreiecksignalen sd_k , die im vorliegenden Beispiel aus n den $-n-$ Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Generatoren OSCT, RET₂, RET₁, bestehen, die eine gleiche Amplitude und eine gleiche Frequenz, $-F-$, ein Vielfaches der Frequenz f_v , aufweisen, um Dreiecksignale abzugeben, die der Zeit nach so versetzt sind, dass das vom mit Index $k+1$ Generator abgegebene Signal sd_{k+1} in Verhältnis

zu dem vom mit Index k Generator abgegebene Signal s_{dk} der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ versetzt ist (Figur 17).

s den -n- Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Korrekturmittel COR_k , von denen jedes mit den Steuermittel verbunden und angepasst ist, um einen korrigierten Bezugssignal sg_k der relativen Amplitude g_k zu liefern, die zu der der Dreiecksignale s_{dk} im Verhältnis steht, so dass

10

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = 2 \frac{c_k}{T} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right| \cdot F$$

15

Jede von der n Logikschaltungen LG_k besteht aus einer Vergleichsstufe, die ein Dreiecksignal s_{dk} und ein korrigiertes Bezugssignal sg_k empfängt, wobei die mit dem Generator mit dem Index k verbundene Vergleichsstufe mit der Schaltzelle mit dem Index k in Verbindung steht, um diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale s_{dk} , sg_k zu steuern.

20

Die korrigierte Bezugssignale sind in Figur 18 dargestellt.

Wie vorher können die Dreiecksignale-Generatoren aus einem Oszillator OSCT und einer Folge von um $2\pi/n$ Phasenverschiebern RET_k bestehen, so dass um $2\pi/n$ versetzte Dreiecksignale für ein Signal im Verhältnis zum folgenden geliefert werden.

25

Am Ausgang der Vergleichsstufen LG_3 , LG_2 , LG_1 der Steuerlogikschaltungen sind Steuersignale sc_3 , sc_2 , sc_1 , die Eigenschaften aufweisen, die den vorher schon beschriebenen Eigenschaften ähnlich sind. Diese in Figur 19 gezeigte Signale werden den Schalter I_{A3} , I_{A2} und I_{A1} , zugeführt. Die schon im vorigen Ausführungsbeispiel zitierte Umstände werden im vorliegenden Falle bestätigt. Nach Umschaltung und galvanischer Trennung in Schaltungen INV_k gewährleisten diese Signale die Steuerung der drei anderen Schalter I_{B3} , I_{B2} , I_{B1} .

Figur 20 zeigt den Verlauf des in dem Kondensator C_1 fliessenden Strom I_{c1} und den der an seinen Klemmen Spannung V_{c1} .

Es ist bemerkenswert, dass dieser Strom I_{c1} einen nicht gleich Null Mittelwert aufweist, die dafür geeignet ist, um eine Veränderung der Spannung V_{c1} zu erzeugen, die mit der Veränderung der Spannung V an den Klemmen der Quelle E proportional ist. Die makroskopische Veränderung der Spannung V_{c1} ist besser sichtbar in Figur 21. Diese Figur zeigt auch, dass die Spannungen V_{ck} an den Klemmen der Kondensatoren mit ihrem Index k proportional sich verändern.

Figur 22 ist ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung im Falle einer symmetrischen Wechselspannungsquelle E der Frequenz f_V und einer symmetrischen Wechselstromquelle J der Frequenz f_I (wobei die Frequenz F beträchtlich grösser als die Frequenzen f_I und f_V ist). Dieses Beispiel entspricht einem Wechselstromumformer (zum Beispiel einem manchmal "Steuerumdichter" genannten Frequenzwandler).

Im dargestellten Beispiel, das drei Zellen umfasst (das aber auf n Zellen allgemein verbreitet werden kann) sind alle Schalter $I_{A1}, I_{A2}, I_{A3}, I_{B1}, I_{B2}, I_{B3}$ vom gleichen Typ, spannung- und strom-umschaltbar; in Figur 22 bestehen sie aus in Paare in Gegenreihe mitgeschalteten bipolaren Transistoren, von denen jeder mit einer gegenparallel geschaltete Diode verbunden ist; jeder von diesen Transistoren kann durch einen Darlington, MOST (wobei die Diode die Innendiode des MOST sein kann), GTO, IGBT...Transistor in Abhängigkeit von den Anwendungen ersetzt werden.

In dieser Anwendung sind die Synchronisationsmittel SYNCHRO so angepasst, dass die zwei Zellen CL_k und CL_{k+1} mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignalen s_{ck} und s_{ck+1} , diesen Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen sind, dass je Periode $1/F$ der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands

$\overline{e_k}$ UND $e_{k+1} = 1$ und der Dauer des Zustands e_k UND $\overline{e_{k+1}} = 1$ im wesentlichen gleich

$$\frac{2 c_k}{n} \cdot \frac{k}{l_0 + l_1} \frac{V_0 - V_1}{}$$

5 ist

wobei c_k die Kapazität des Kondensators mit dem Index k ist,

10 l_0 und V_0 die Werte der Strom- und Spannungs-quellen zu Beginn der betreffenden Periode 1/F

15 und l_1 V_1 diese Werte bei Abschluss dieser Periode sind.

Die Steuermittel GP liefern ein Bezugssignal sr, das so angepasst ist, um die Energieaustausche zu steuern ; im dargestellten Beispiel ist dieses Bezugssignal ein Wechselstromsignal der Frequenz fv. Die Synchronisationsmittel SYNCHRO umfassen :

20 . Mittel zur Erzeugung von symmetrischen Wechselstrom-Dreiecksignalen sdk , die im vorliegenden Beispiel aus n den -n- Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Generatoren OSCT, RET₂, RET₁ bestehen, die eine gleiche Amplitude und eine gleiche Frequenz -F- (beträchtlich grösser als die Frequenzen f_i und f_v) aufweisen, wobei die Generatoren der Zeit nach so versetzt sind, dass der vom mit Index k+1 Generator abgegebene Dreiecksignal sdk_{k+1} in Verhältnis zu dem vom mit Index k Generator abgegebene Signal sdk_k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ versetzt ist (Figur 24).

25 . den -n- Zellen entsprechenden und mit gleichem Index zugeteilten Korrekturmittel COR_k, von denen jedes mit den Steuermittel GP verbunden und angepasst ist, um einen korrigierten Bezugssignal sg_k der relativen Amplitude g_k zu liefern, die zu der der Dreiecksignale sdk im Verhältnis steht.

so dass

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = \frac{4 c_k}{l_0 + l_1} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right| \cdot F$$

Jede von den n Logikschaltungen LG_k besteht aus einer Vergleichsstufe, die ein Dreiecksignal sd_k und ein korrigiertes Bezugssignal sg_k empfängt, wobei die mit dem Generator mit dem Index k verbundene Vergleichsstufe mit der Schaltzelle mit dem Index k in Verbindung steht, um diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale sd_k , sg_k zu steuern.

Die von den Generatoren abgegebene Dreiecksignale sd_k und die korrigierte Bezugssignale sg_k sind in Figur 24 dargestellt.

Wie vorher können die Dreiecksignale-Generatoren aus einem Oszillator OSCT und einer Folge von $\sum \text{um } 2\pi/n$ Phasenverschiebern RET $_k$, so dass $\sum 2\pi/n$ verstzte Dreiecksignale für ein Signal im Verhältnis zum folgenden geliefert werden.

Am Ausgang der Vergleichsstufen LG_3 , LG_2 , LG_1 der Steuerlogikschaltungen sind Steuersignale sc_1 , sc_2 , sc_3 , die Eigenschaften aufweisen, die den vorher schon beschriebenen Eigenschaften ähnlich sind. Diese in Figur 25 gezeigte Signale werden den Schalter I_{A3} , I_{A2} und I_{A1} , zugeführt. Die schon in den vorigen Ausführungsbeispielen zitierte Umstände werden im vorliegenden Falle bestätigt. Nach Umschaltung und galvanischer Trennung in Schaltungen INV_k gewährleisten diese Signale die Steuerung der drei anderen Schalter I_{B3} , I_{B2} , I_{B1} .

Figur 26 zeigt den Verlauf des in dem Kondensator C_1 fliessenden Strom I_{c1} und den der an seinen Klemmen Spannung V_{c1} .

Es ist bemerkenswert, das dieser Strom I_{c1} einen nicht gleich Null Mittelwert aufweist, die dafür geeignet ist, um eine Veränderung der Spannung V_{c1} zu erzeugen, die zur Veränderung der Spannung V an den Klemmen der Quelle E proportional ist. Die makroskopische Veränderung der Spannung V_{c1} ist besser sichtbar in Figur 27. Diese Figur zeigt

auch, dass die Spannungen V_{ek} an den Klemmen der Kondensatoren mit ihrem Index k proportional sich verändern.

PATENTANSPRÜCHE

- 1/ - Elektronische Vorrichtung zum Umformen von elektrischer Energie zwischen einer Spannungsquelle und 5 einer Stromquelle:
- . umfassend -n- steuerbare Schaltzellen ($CL_1 \dots CL_k \dots CL_n$), von denen jede zwei Schalter (I_{Ak}, I_{Bk}) mit $n \geq 2$ aufweist, wobei jede Zelle durch einen Index k bezeichnet ist, während $1 \leq k \leq n$,
- 10 . bei dem eine Steuerlogikschaltung (LG_k) an jede Schaltzelle (CL_k) angeschlossen ist, um dieser Steuersignale (sc_k) der Frequenz F zuzuführen, wobei die besagten Steuersignale so beschaffen sind, daß sie entgegengesetzte Schaltungen der beiden Schalter der Zelle gewährleisten,
- 15 . bei dem Steuermittel (GP) so beschaffen sind, daß sie den Steuerlogikschaltungen in Abhängigkeit von der gewünschten Energieumformung ein Bezugssignal (sr) zuführen,
- . bei dem -n- homologe Schalter der Zellen in Reihe geschaltet sind und die anderen -n- homologen Schalter 20 ihrerseits in Reihe geschaltet sind, so daß zwei symmetrische Reihen, die sogenannte Reihe A und die sogenannte Reihe B, gebildet werden, in denen die beiden Schalter (I_{Ak}, I_{Bk}) ein und derselben Zelle im Verhältnis zu der Stromquelle symmetrische Lagen einnehmen,
- 25 . bei dem die beiden Schalterreihen A und B einerseits durch ein gemeinsames Ende mit der Stromquelle (J) und andererseits durch ihre entgegengesetzten Enden mit der Spannungsquelle (E) verbunden sind, wobei der den Zellen zugeteilte Index k von der Zelle (CL_1), deren Schalter 30 unmittelbar mit der Stromquelle ($k = 1$) verbunden sind, bis zu der Zelle (CL_n), deren Schalter unmittelbar mit der Spannungsquelle ($k = n$) verbunden sind, zunimmt, und zwar ist die besagte Umformvorrichtung dadurch gekennzeichnet, daß:
- 35 . mit den Schaltzellen (CL_k) Kondensatoren (c_k) so verbunden sind, daß die symmetrischen Klemmen der beiden Schalter (I_{Ak}, I_{Bk}) jeder Zelle über einen Kondensator miteinander verknüpft sind, um zwischen den besagten Klemmen eine Spannung, die sogenannte Kondensatorladespannung, .

aufrechtzuerhalten und um einen wechselweisen Stromfluß von dem einen Schalter zu dem anderen Schalter der Zelle zu gewährleisten,

- . bei dem die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der -n-
- 5 Schaltzellen synchronisiert sind, um deren Steuersignale (sc_k) der Zeit nach zu verteilen, so daß der in jedem Kondensator (c_k) fließende Strom während einer Periode $1/F$ einen mittleren Wert aufweist, der zu der Änderung der Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle während der
- 10 gleichen Periode im wesentlichen proportional und insbesondere bei einer Gleichspannungsquelle im wesentlichen null ist.

- 2/ - Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder mit einer Schaltzelle (CL_k) in
- 15 Verbindung stehende Kondensator (c_k) einen Spannungswert aufweist, der um so höher ist als ein Schwellwert V_{ck} , je höher der Index k der Zelle ist, mit der der besagte Kondensator in Verbindung steht, wobei $V_{ck} = k \cdot V_m/n$ und V_m die Höchstspannung der Spannungsquelle (E) ist.

- 20 3/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder mit der Schaltzelle (CL_k) mit dem Index k in Verbindung stehende Kondensator (c_k) so bemessen ist, daß er eine Kapazität (c_k) bietet, die ausreichend hoch ist, damit die Spannungsschwankungen an den
- 25 Klemmen des besagten Kondensators geringer sind als $0,2 \cdot V/n$, wobei V die Spannung der Spannungsquelle (E) ist.

- 4/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, bei der die Schalter (I_{Ak}, I_{Bk}) der Schaltzellen (CL_k) statische Halbleiterschalter sind, die die gleiche
- 30 Spannungsumsteuerbarkeit aufweisen wie die Spannungsquelle (E), und bei denen die Umsteuerbarkeit des Stromes mit der Stromquelle (J) identisch ist.

- 5/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k) mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, die einen Oszillator (OSC) der Frequenz F, eine Reihe von Verzögerungsschaltungen (RET_k), die ein System von Signalen

- (sd_k) liefern, welche bei je zwei aufeinander folgenden Signalen in einem zeitlichen Abstand von $1/nF$ sind, Korrekturglieder (COR_k), die Korrektursignale (sg_k) liefern, welche zu dem Index k des Korrekturglieds, zu der Frequenz F , zu der Spannungsänderung $V_0 - V_1$ während der Periode $1/F$ und zu der Kapazität des Kondensators mit dem gleichen Index k proportional und zu dem mittleren Wert $(I_0 + I_1)/2$ des Stromes während der besagten Periode umgekehrt proportional sind, sowie Summierglieder (SM_k) zwecks Lieferung von
- 5 10 Synchronisationssignalen (sy_k) aufgrund der versetzten Signale (sd_k) und der Korrektursignale (sg_k) umfassen, wobei jede Steuerlogikschaltung eine Vergleichsstufe umfaßt, die einerseits das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) und andererseits das von den
- 15 15 Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) abgegebene Synchronisationssignal (sy_k) mit dem entsprechenden Index k empfängt.

- 6 / - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung an eine
- 20 20 Gleichspannungsquelle und an eine Gleichstromquelle angeschlossen ist, um einen Gleichspannungswandler zu bilden, in dem jede Schaltzelle (CL_k) einerseits einen Schalter (I_{Ak}), der solcher Art ist, daß sich das Ein- und Ausschalten steuern läßt, und andererseits einen Schalter (I_{Bk}) für selbsttätige Doppelschaltung, umfaßt.
- 7 / - Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der n -Schaltzellen so synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen (CL_k , CL_{k+1}) mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale (sc_k , sc_{k+1}) den besagten Zellen logische Zustände e_k und e_{k+1} vermitteln, so daß, wenn $e_k \neq e_{k+1}$, die summierten Zeiten, während denen e_k UND $\overline{e_{k+1}} = 1$, den summierten Zeiten, während denen $\overline{e_k}$ UND $e_{k+1} = 1$ sind, im wesentlichen gleich sind, wobei der Logikzustand e_k einer 30 30 Zelle (CL_k) als gleich 1 definiert ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Zellenschalter (I_{Ak}) Strom führt (während der zu der Reihe B gehörende andere Zellenschalter (I_{Bk})

gesperrt ist), und als gleich 0 definiert ist, wenn der Schalter (I_{Ak}) der besagten Reihe A gesperrt ist (während der andere Zellenschalter (I_{Bk}) der Reihe B Strom führt).

8/ - Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch

- 5 gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der-n-Schaltzellen mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, die Mittel zur Erzeugung phasenverschobener Dreiecksignale (OSCT, RET₂, RET₁) umfassen, welche in der Lage sind, Steuersignale (sd_3 , sd_2 , sd_1) der gleichen
- 10 Frequenz F zu liefern, wobei jedes Signal im Verhältnis zu dem folgenden Signal um $2\pi/n$ phasenverschoben ist.

9/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Gleichspannungsquelle und einer Quelle symmetrischen

- 15 Wechselstroms verbunden ist, um einen Wechselrichter und/oder einen Gleichrichter zu schaffen, bei dem jede Schaltzelle (CL_k) zwei identische Schalter (I_{Ak} , I_{Bk}) umfaßt, die in bezug auf den Strom umsteuerbar und in bezug auf die Spannung einheitlich gerichtet sind.

- 20 10/ - Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die besagte Vorrichtung an eine Quelle konstanter Spannung und an eine Quelle symmetrischen Wechselstroms der Frequenz f_i angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (CL_k) der-n-Schaltzellen so

- 25 synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen (CL_k , CL_{k+1}) mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale (sc_k , sc_{k+1}) den besagten Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, so daß:

. die Logikgröße e_k UND $\overline{e_{k+1}}$ periodisch ist und die

- 30 Frequenz 2 f_i , die doppelte Frequenz der Stromquelle, aufweist,

. die Logikgröße $\overline{e_k}$ UND e_{k+1} ebenfalls periodisch ist und die gleiche Frequenz 2 f_i aufweist,

wobei der Logikzustand e_k einer Zelle als gleich 1 definiert

- 35 ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Schalter (I_{Ak}) der Zelle Strom führt (während der andere zu der Reihe B gehörende Schalter (I_{Bk}) der Zelle gesperrt ist) und als

gleich 0 definiert ist, wenn der Schalter der besagten Reihe A gesperrt ist (während der Zellenschalter der Reihe B Strom führt).

- 11/ - Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch
- 5 gekennzeichnet, daß die Steuermittel (GP) so beschaffen sind, daß sie ein symmetrisches Wechselstrombezugssignal (sr) der Frequenz f_i liefern, sowie dadurch, daß:
- . die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der-n-Schaltzellen mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, die
- 10 Mittel zur Erzeugung von Dreiecksignalen (OSCT, RET₂, RET₁) umfassen, welche so beschaffen sind, daß sie n symmetrische Dreieck-Wechselstromsignale (sd_k) liefern, wobei die besagten Signale die gleiche Amplitude und die gleiche Frequenz F , die ein Mehrfaches der Frequenz f_i ist,
- 15 aufweisen und der Zeit nach so versetzt sind, daß das Signal (sd_{k+1}) mit dem Index $k+1$ im Verhältnis zu dem Signal (sd_k) mit dem Index k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ verzögert ist,
- . jede der n Logikschaltungen (LG_k) eine
- 20 Vergleichsstufe umfaßt, die das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) sowie ein von den Signalerzeugungsmitteln abgegebenes Dreiecksignal (sd_k) empfängt, wobei die Vergleichsstufe mit dem Index k mit der Schaltzelle (CL_k) mit dem Index k verbunden ist, so daß sie
- 25 diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale (sr, sd_k) steuert.
- 12/ - Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle konstanter Spannung und einer Quelle symmetrischen Wechselstroms der Frequenz f_i in
- 30 Verbindung steht, umfassend zwei Schaltzellen (LG_1 , LG_2 ; $n = 2$), dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_1 , LG_2) der beiden Schaltzellen so beschaffen sind, daß die Steuersignale (sc_1 , sc_2) eine der Frequenz f_i der Stromquelle gleiche Frequenz F aufweisen, wobei die besagten
- 35 Logikschaltungen so synchronisiert sind, daß diese Steuersignale den Zellen (CL_1 , CL_2) Logikzustände e_1 und e_2 vermitteln, die so beschaffen sind, daß e_2 durch

Komplementieren von e_1 und durch Versetzen davon um eine Halbperiode $1/2F$ gewonnen wird.

- 13/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle
- 5 symmetrischer Wechselspannung und einer Gleichstromspannung in Verbindung steht, um einen Gleichrichter und/oder einen Wechselrichter zu erzielen, bei dem jede Schaltzelle (CL_k) zwei identische Schalter (I_{Ak}, I_{Bk}) umfaßt, die in bezug auf die Spannung umsteuerbar und in bezug auf den Strom
- 10 einheitlich gerichtet sind.

- 14/ - Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die besagte Vorrichtung an eine Quelle symmetrischer Wechselspannung der Frequenz f_v und an eine Gleichstromquelle angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k)
- 15 der-n-Schaltzellen so synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen (CL_k, CL_{k+1}) mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale den besagten Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, die so beschaffen sind, daß je Periode $1/F$ der Unterschied zwischen der Dauer des
- 20 Zustands $\overline{e_k}$ UND $e_{k+1} = 1$ und der Dauer des Zustands e_k UND $\overline{e_{k+1}}$ im wesentlichen gleich

$$25 \quad \frac{c_k}{I} \cdot \frac{k}{n} |V_0 - V_1|$$

ist,

wobei c_k die Kapazität des Kondensators mit dem Index k ist,

- 30 I der Stromwert der Stromquelle ist,
 V_0 die Spannung an den Klemmen der Spannungsquelle zu Beginn der betreffenden Periode $1/F$ und V_1 diese Spannung bei Abschluß der besagten Periode ist,

- 35 wobei der Logikzustand e_k einer Zelle (CL_k) als gleich 1 definiert ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Zellenschalter (I_{Ak}) Strom führt (während der Zellenschalter (I_{Bk}) der Reihe B gesperrt ist), und als 0 definiert ist, wenn der Schalter der besagten Reihe A gesperrt ist (während

der Zellenschalter der Reihe B Strom führt).

- 15 / - Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuermittel (GP) so beschaffen sind, daß sie ein symmetrisches Wechselstrombezugssignal
- 5 (sr) der Frequenz fv liefern, sowie dadurch, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der-n-Schaltzellen mit Synchronisationsmitteln (SYNCHRO) verbunden sind, umfassend:
- . Mittel zur Erzeugung von Dreiecksignalen (OSCT, RET₂, RET₁), die so beschaffen sind, daß sie n symmetrische
 - 10 Wechselstrom-Dreiecksignale (sd_k) liefern, wobei die besagten Signale die gleiche Amplitude und die gleiche Frequenz -F, ein Vielfaches der Frequenz fv, aufweisen und der Zeit nach so versetzt sind, daß das Signal (sd_{k+1}) mit dem Index k+1 im Verhältnis zu dem Signal (sd_k) mit dem
 - 15 Index k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ versetzt ist,
 - . Korrekturmittel (COR_k), die das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) empfangen und so beschaffen sind, daß sie korrigierte Bezugssignale (sg_k) der relativen Amplitude g_k liefern, die zu der der
 - 20 Dreiecksignale (sd_k) im Verhältnis steht, so daß

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = 2 \frac{c_k}{I} \cdot \frac{k}{n} \left| v_0 - v_1 \right| \cdot F$$

- 25 . die n Logikschaltungen (LG_k), von denen jede eine Vergleichsstufe umfaßt, die ein Dreiecksignal (sd_k) und ein korrigiertes Bezugssignal (sg_k) empfängt, wobei die Vergleichsstufe mit dem Index k mit der Schaltzelle (CL_k) - mit dem Index k in Verbindung steht, so daß sie diese in
- 30 Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale (sd_k , sg_k) steuert.

- 16 / - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 4 oder 5, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle symmetrischer Wechselspannung und mit einer Quelle
- 35 symmetrischen Wechselstroms in Verbindung steht, um einen Wechselstromumformer zu erzielen, bei dem jede Schaltzelle (CL_k) zwei identische Schalter (I_{Ak} , I_{Bk}) umfaßt, die in

bezug auf Strom und Spannung umsteuerbar sind.

- 17/ - Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei die besagte Vorrichtung mit einer Quelle symmetrischer Wechselspannung der Frequenz f_V und mit einer Quelle symmetrischen Wechselstroms der Frequenz f_I in Verbindung steht, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_n) der-n-Schaltzellen so synchronisiert sind, daß die den beiden Zellen (CL_k , CL_{k+1}) mit aufeinander folgenden Indexen k und $k+1$ zugeführten Steuersignale (sc_k , sc_{k+1}) den besagten Zellen Logikzustände e_k und e_{k+1} vermitteln, so daß je Periode $1/F$ der Unterschied zwischen der Dauer des Zustands $\overline{e_k} + e_{k+1} = 1$ und der Dauer des Zustands $e_k + \overline{e_{k+1}} = 1$ im wesentlichen gleich

15

$$2c_k \cdot k \cdot \frac{V_0 - V_1}{n \cdot I_0 + I_1}$$

ist,

- wobei c_k die Kapazität des Kondensators mit dem Index k ,
20 I_0 und V_0 die Werte der Strom- und Spannungsquellen zu Beginn der betreffenden Periode $1/F$ sind und I_1 und V_1 diese Werte bei Abschluß der besagten Periode sind,

- wobei der Logikzustand e_k einer Zelle als gleich 1 definiert
25 ist, wenn der zu der Reihe A gehörende Zellenschalter (I_{Ak}) Strom führt (während der Zellenschalter (I_{Bk}) der Reihe B gesperrt ist) und als gleich 0 definiert ist, wenn der Schalter der besagten Reihe A gesperrt ist (während der Zellenschalter der Reihe B Strom führt).

- 30 18/ - Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerlogikschaltungen (LG_k) der-n-Schaltzellen mit Synchronisiermitteln (SYNCHRO) verbunden sind, umfassend:

- . Mittel zur Erzeugung von Dreiecksignalen (OSCT,
35 RET₂, RET₁), die so beschaffen sind, daß sie n symmetrische Wechselstrom-Dreiecksignale (sd_k) liefern, wobei die besagten Signale die gleiche Amplitude und die gleiche

Frequenz F , die höher ist als die Frequenzen f_i und f_v , aufweisen und der Zeit nach so versetzt sind, daß das Signal (sd_{k+1}) mit dem Index $k+1$ in Verhältnis zu dem Signal (sd_k) mit dem Index k der Zeit nach um einen Wert $1/nF$ verzögert

5 ist,

. Korrekturmittel (COR_k), die das von den Steuermitteln (GP) abgegebene Bezugssignal (sr) empfangen und so beschaffen sind, daß sie korrigierte Bezugssignale (sg_k) der relativen Amplitude g_k liefern, die im Verhältnis

10 zu der Amplitude der Dreiecksignale (sd_k, sg_k) steht, so daß

$$\left| g_k - g_{k+1} \right| = \frac{4c_k}{I_0 + I_1} \cdot \frac{k}{n} \left| V_0 - V_1 \right| \cdot F$$

15 ist

. die n Logikschaltungen (LG_k), von denen jede eine Vergleichsstufe umfaßt, die ein Dreiecksignal (sd_k) und ein korrigiertes Bezugssignal (sg_k) empfängt, wobei die Vergleichsstufe mit dem Index k mit der Schaltzelle (CL_k)

20 mit dem Index k in Verbindung steht, so daß sie diese in Abhängigkeit von den relativen Werten der beiden von ihr empfangenen Signale (sd_k, sg_k) steuert.

19/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, umfassend zwei Schaltzellen.

25 20/ - Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, umfassend drei Schaltzellen.

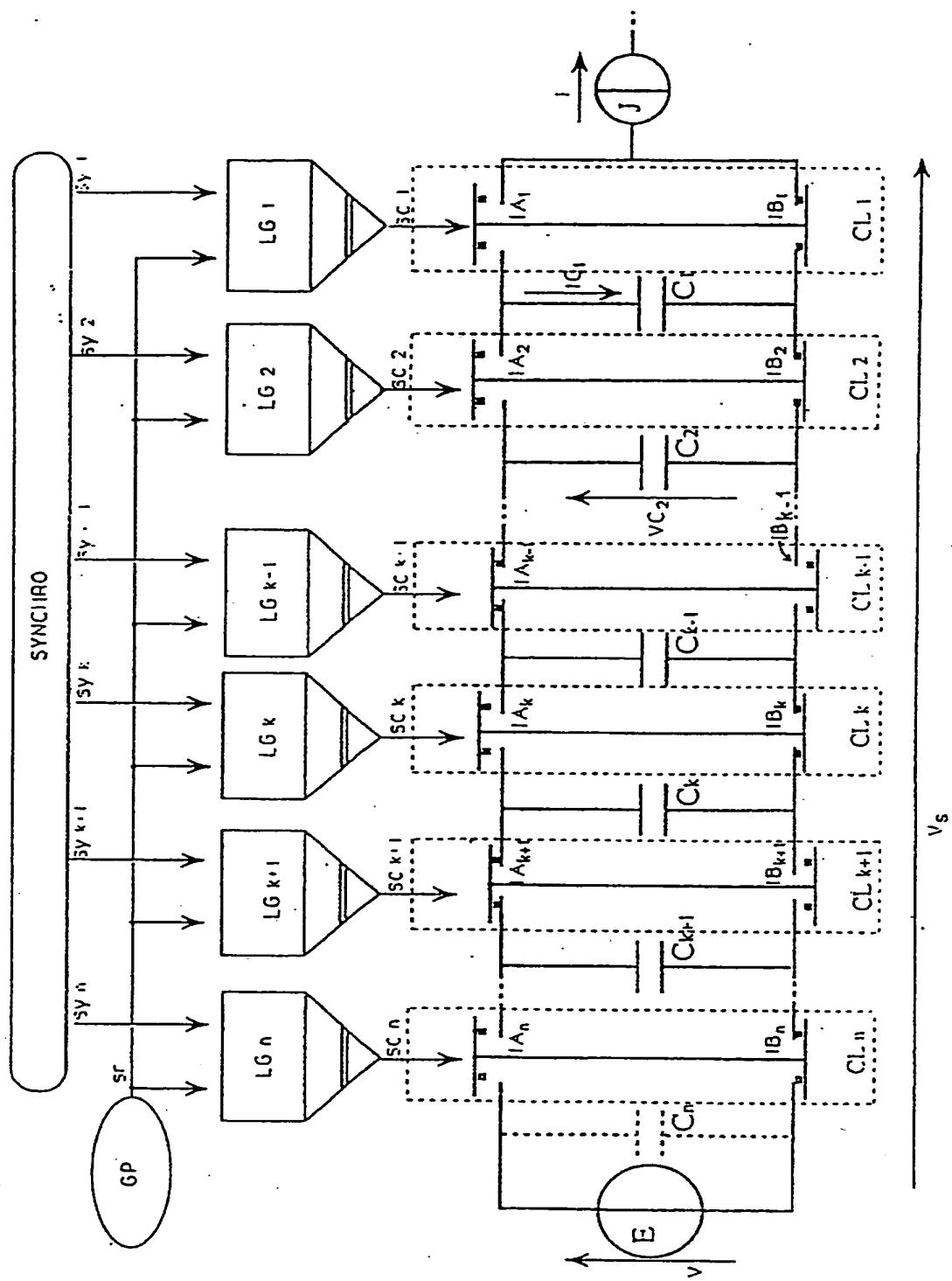


Fig 1

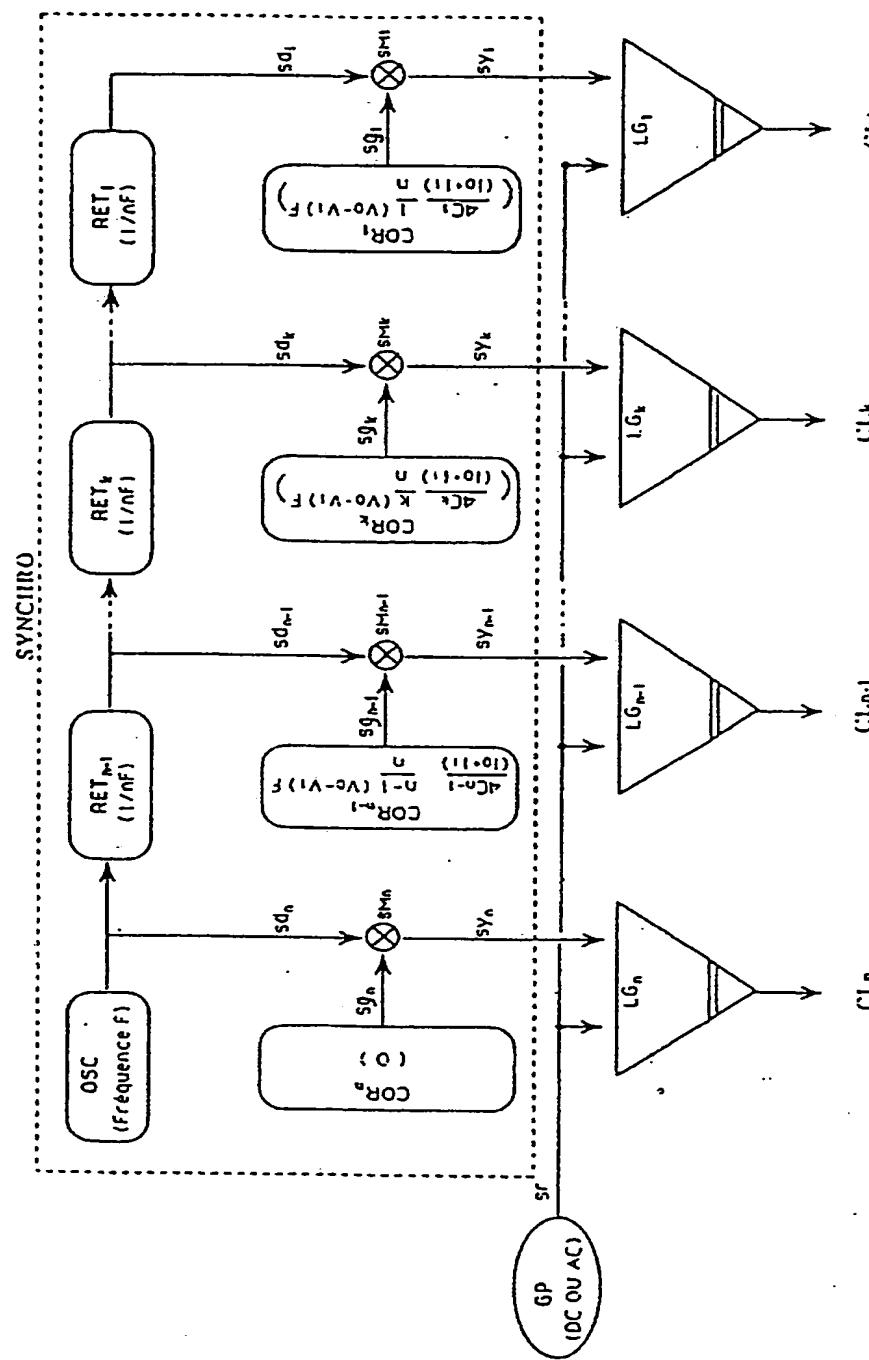


Fig. 2

Fig. 3a

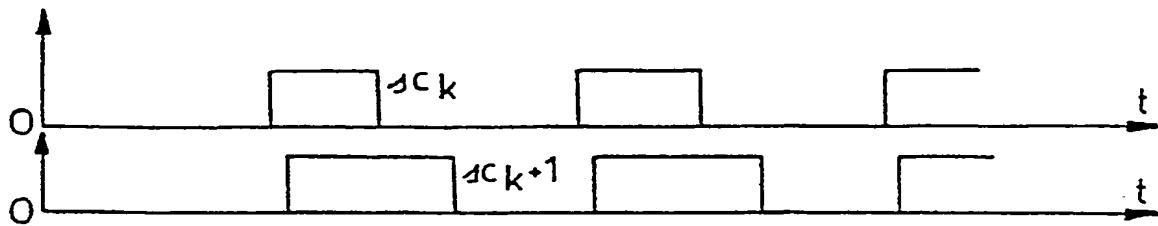


Fig. 3b

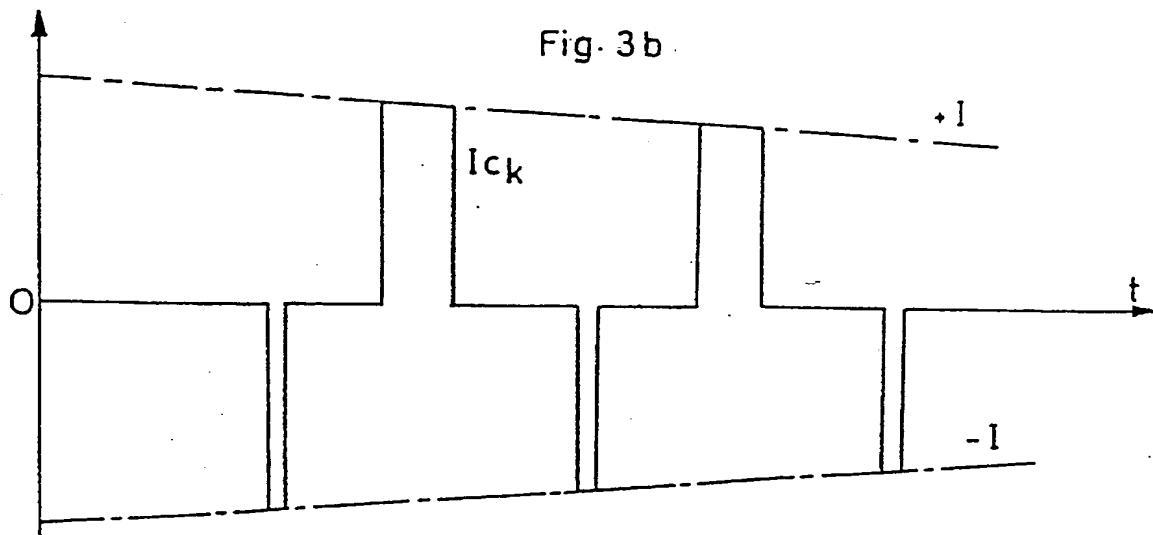
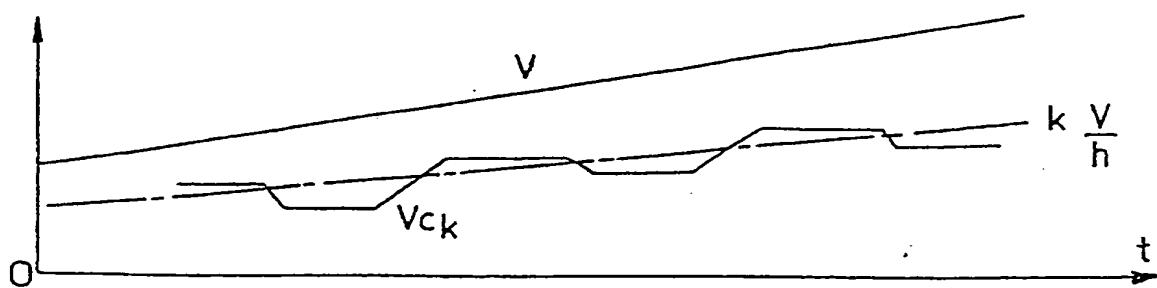


Fig. 3c



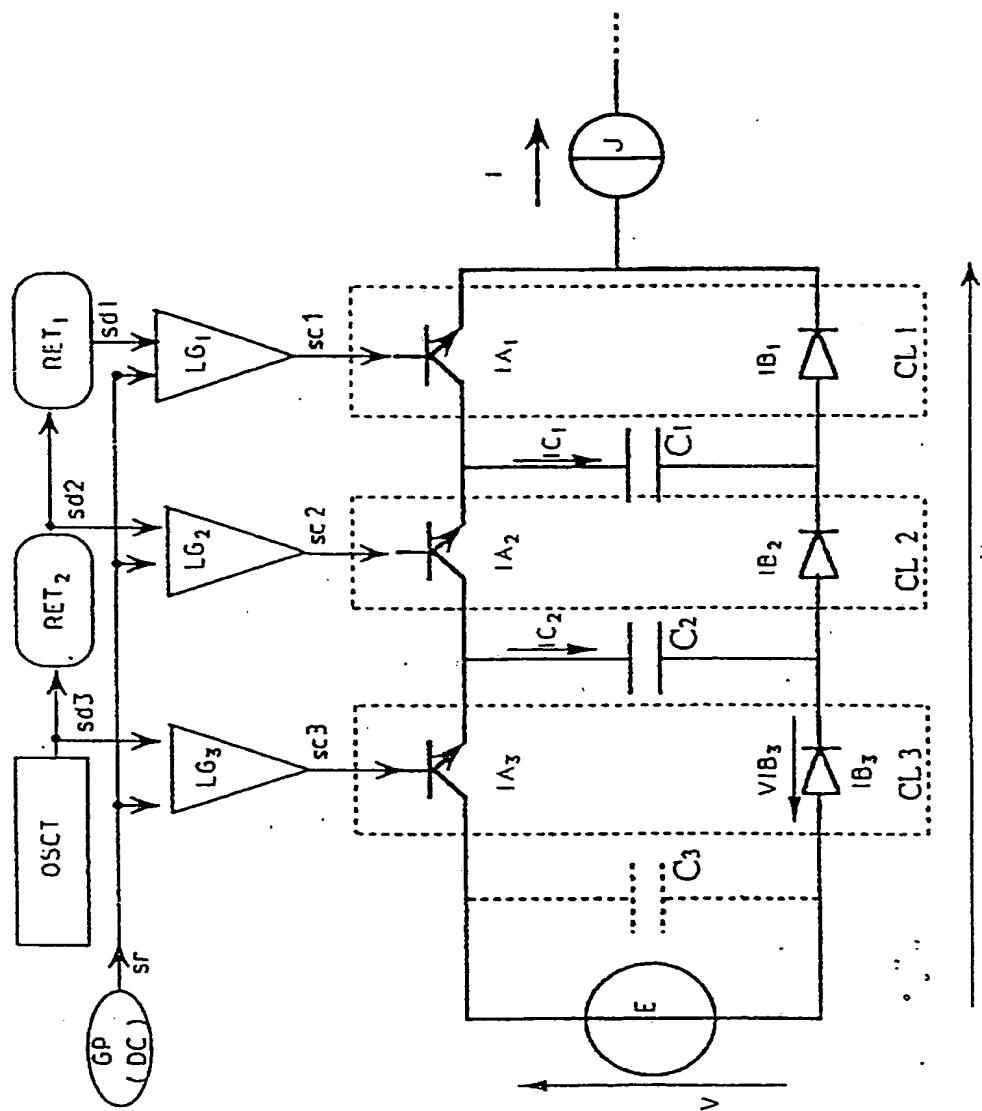


Fig. 4

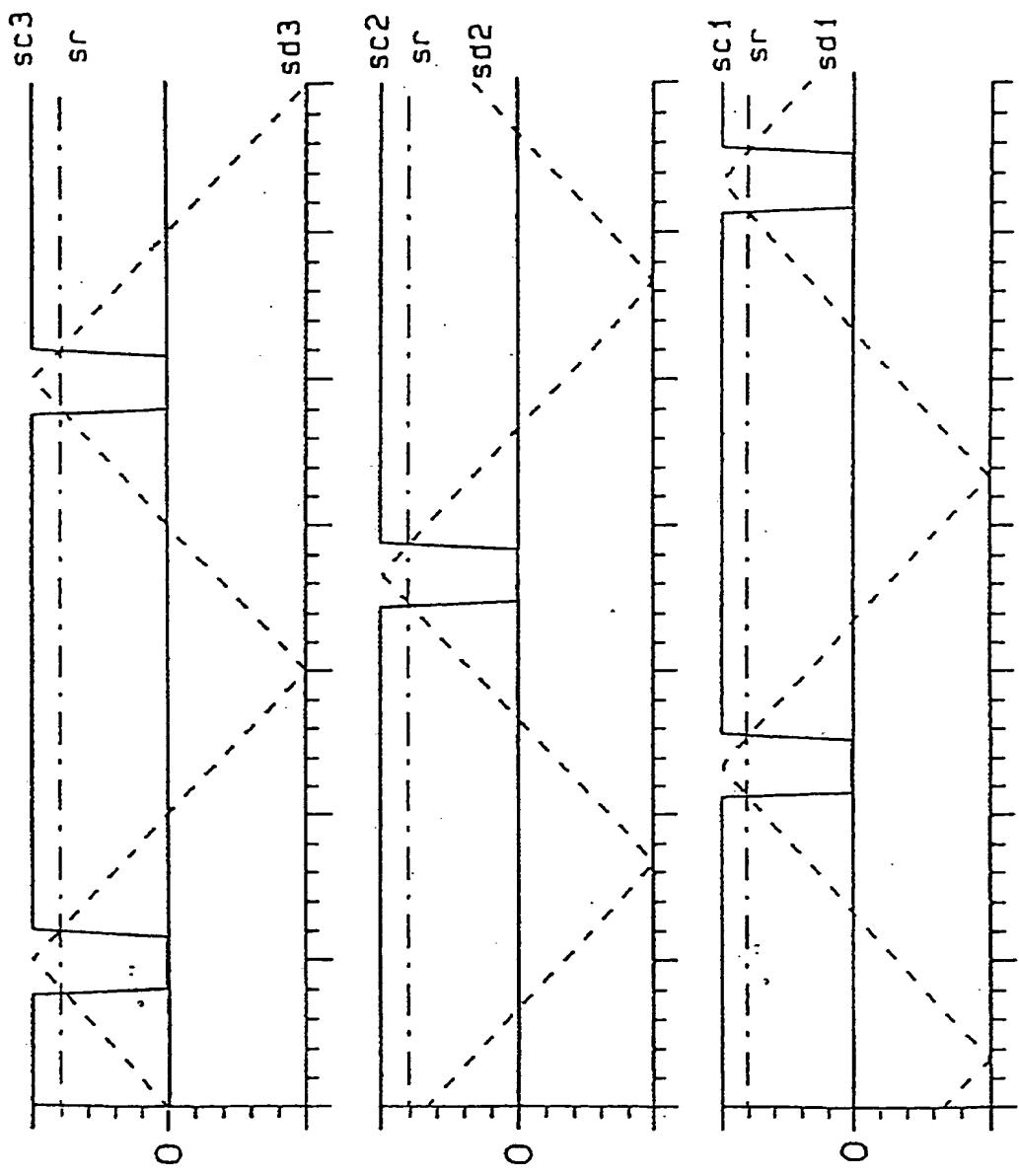


Fig. 5

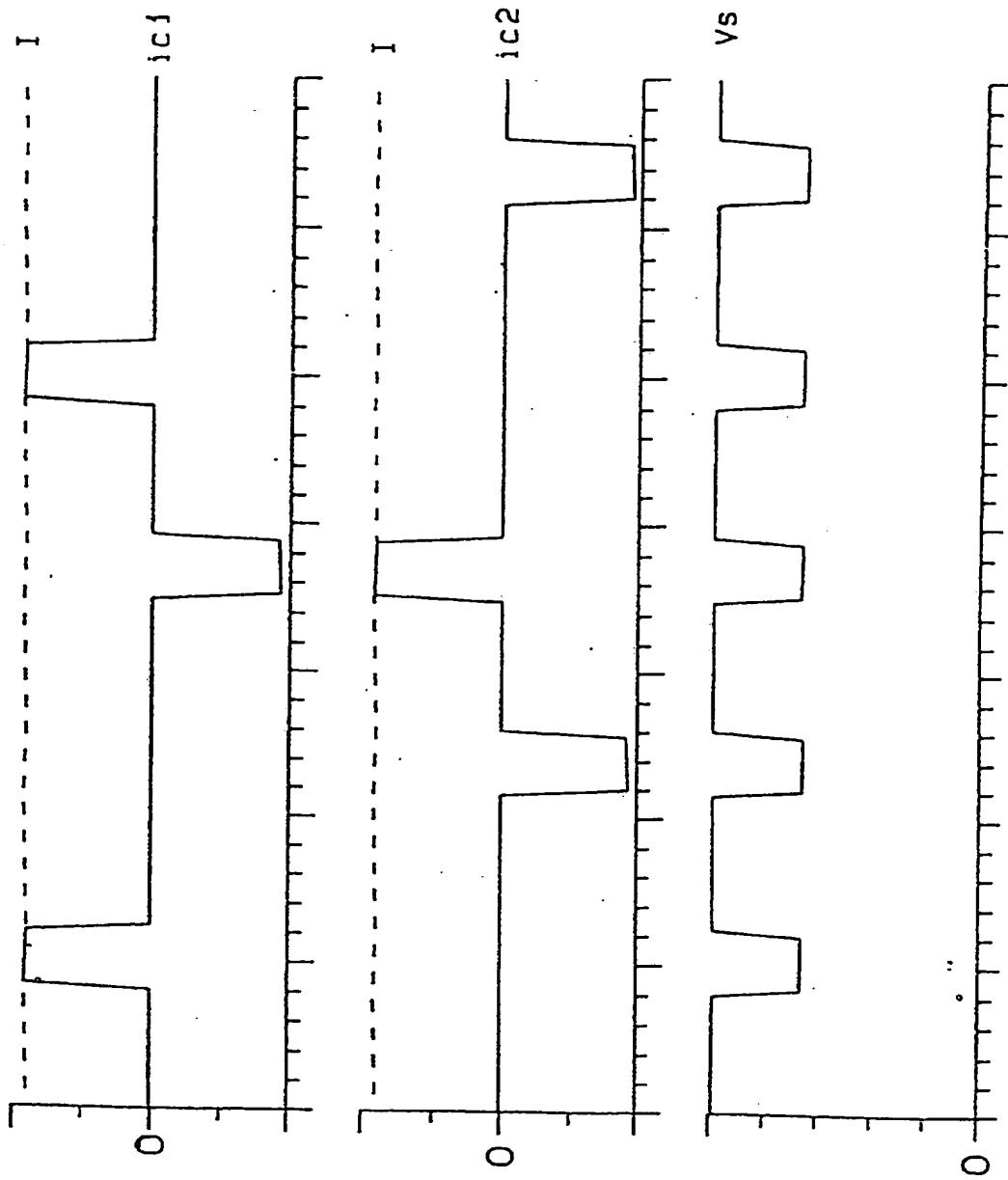


Fig. 6

7/27

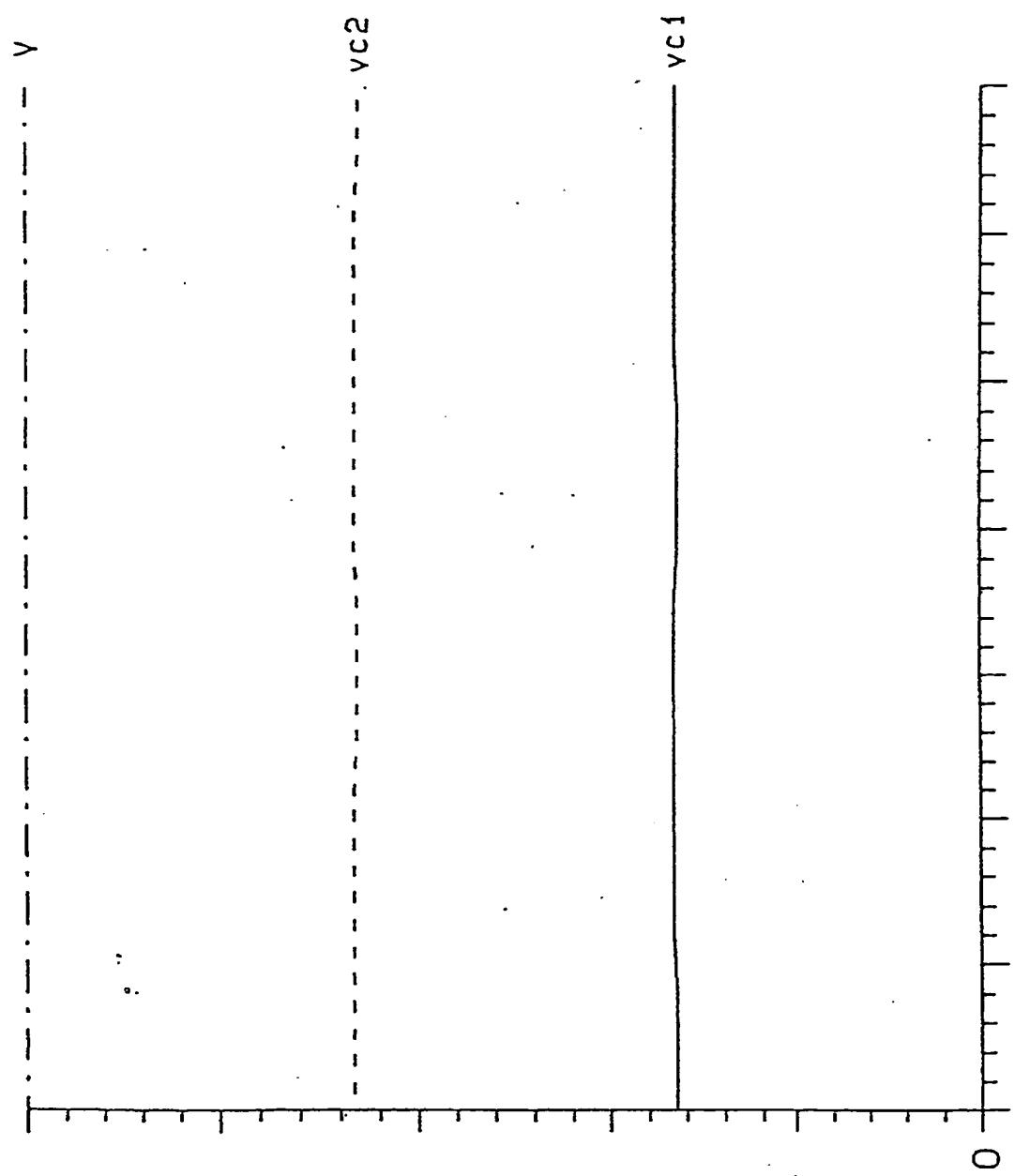


Fig. 7

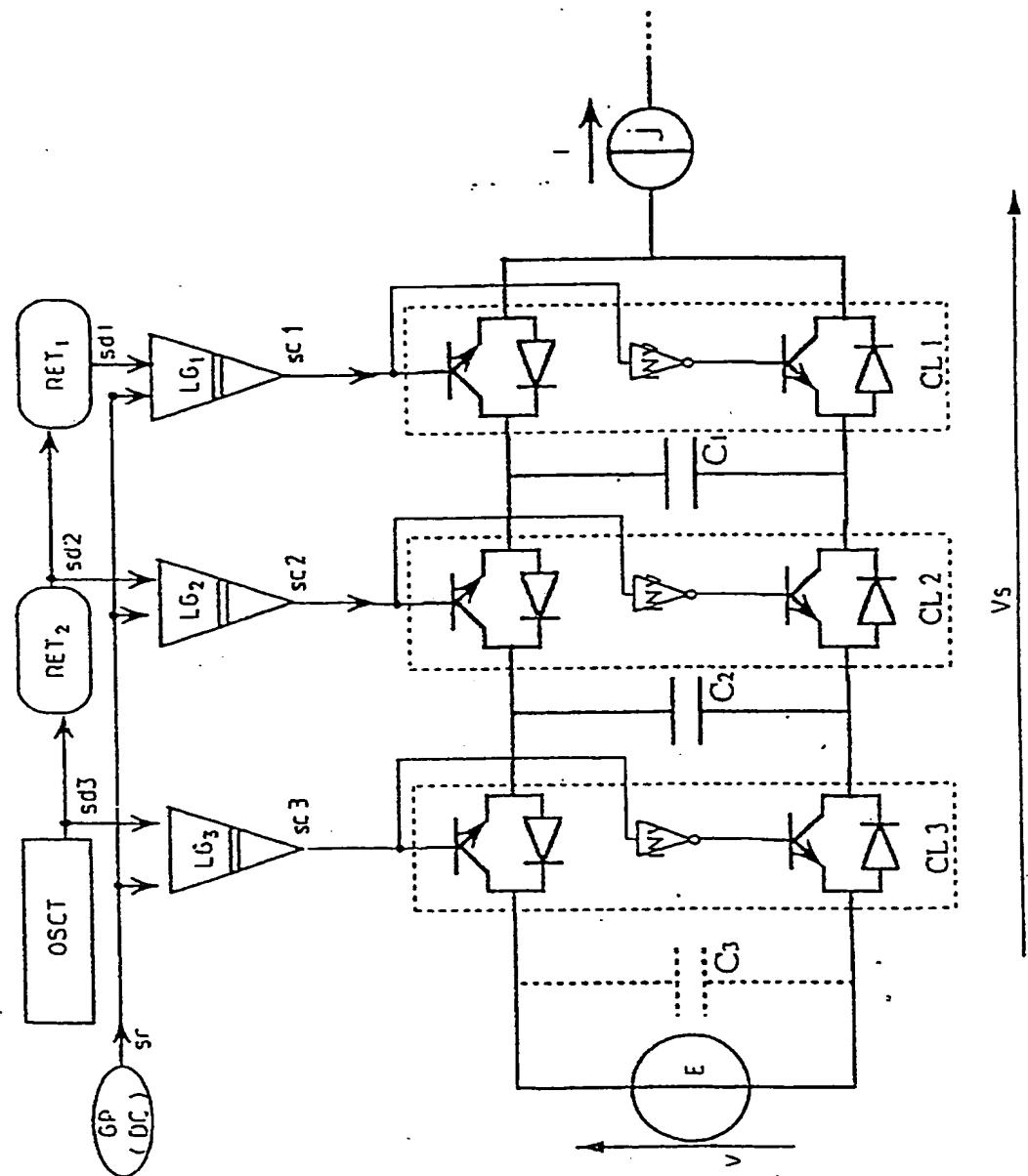


Fig. 8

9/27

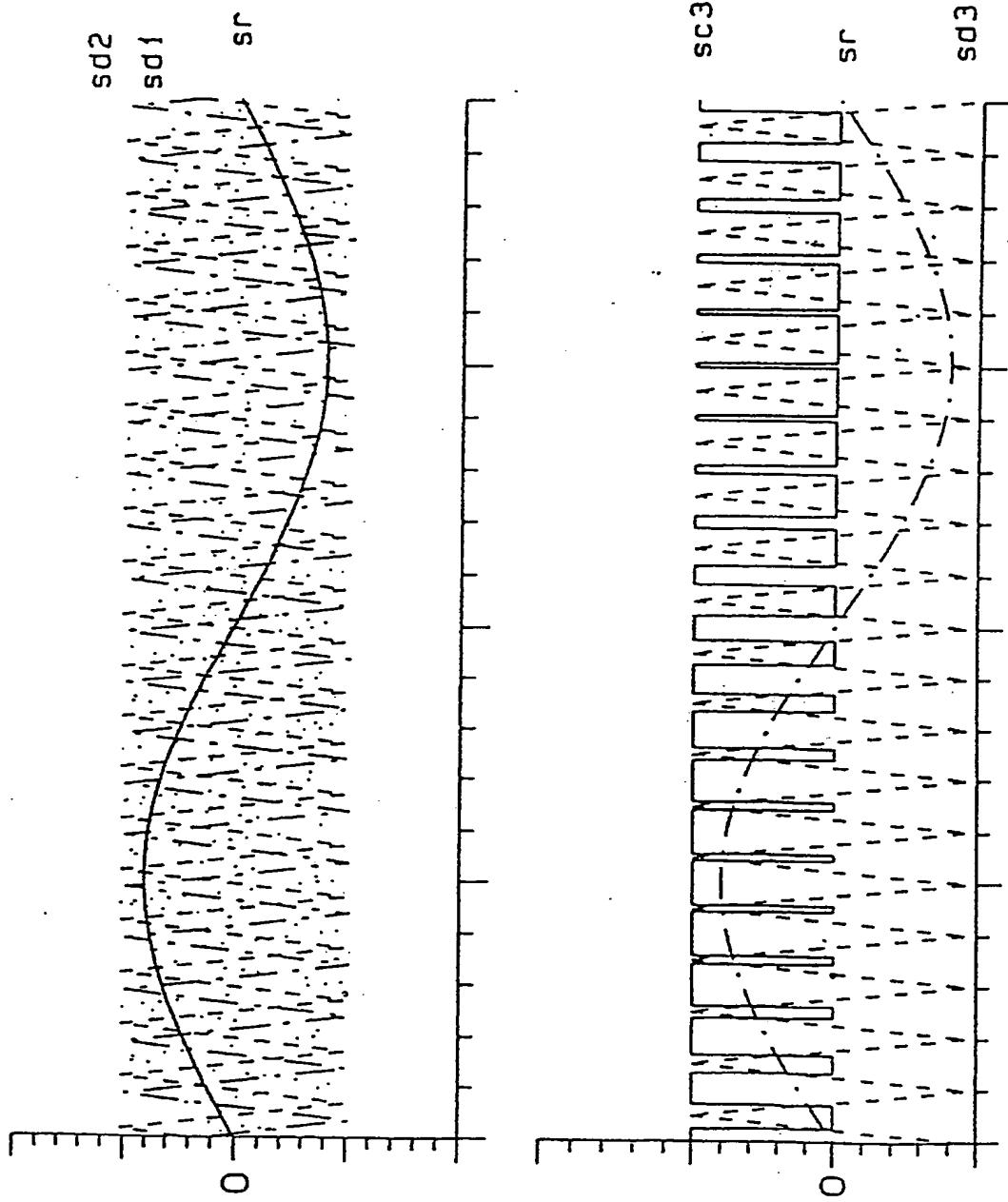


Fig. 9

10/27

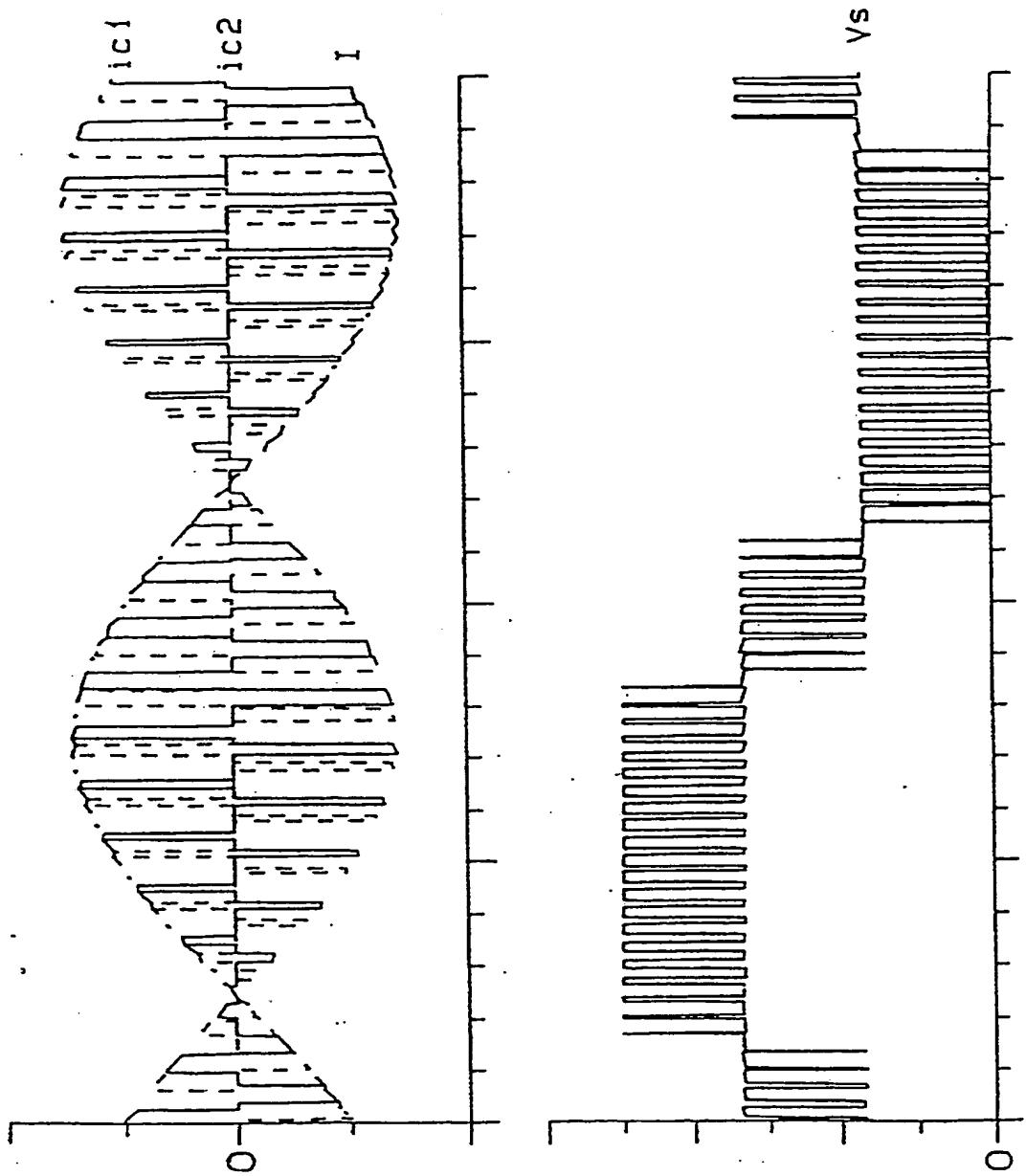


Fig. 10

11/27

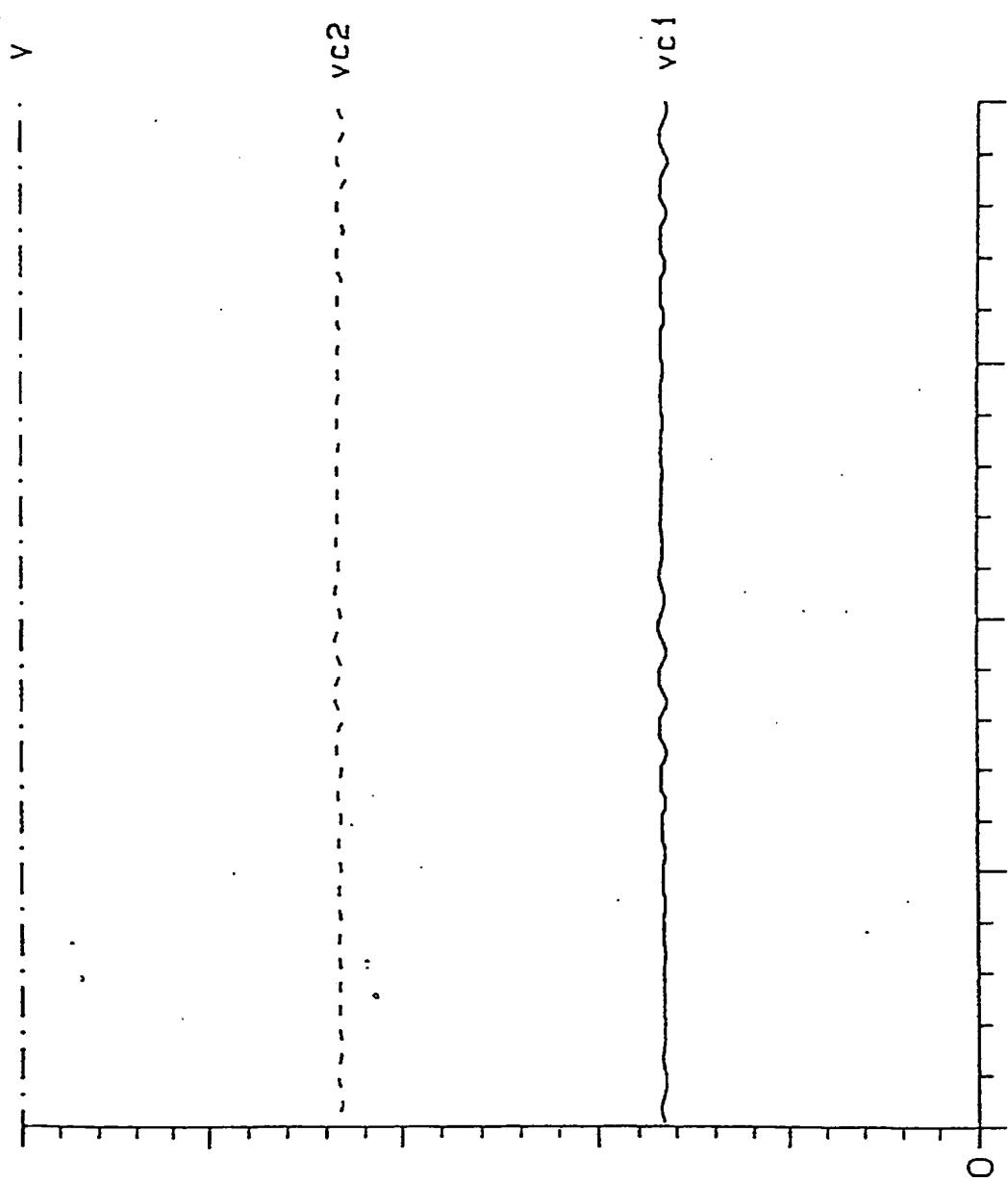


Fig. 11

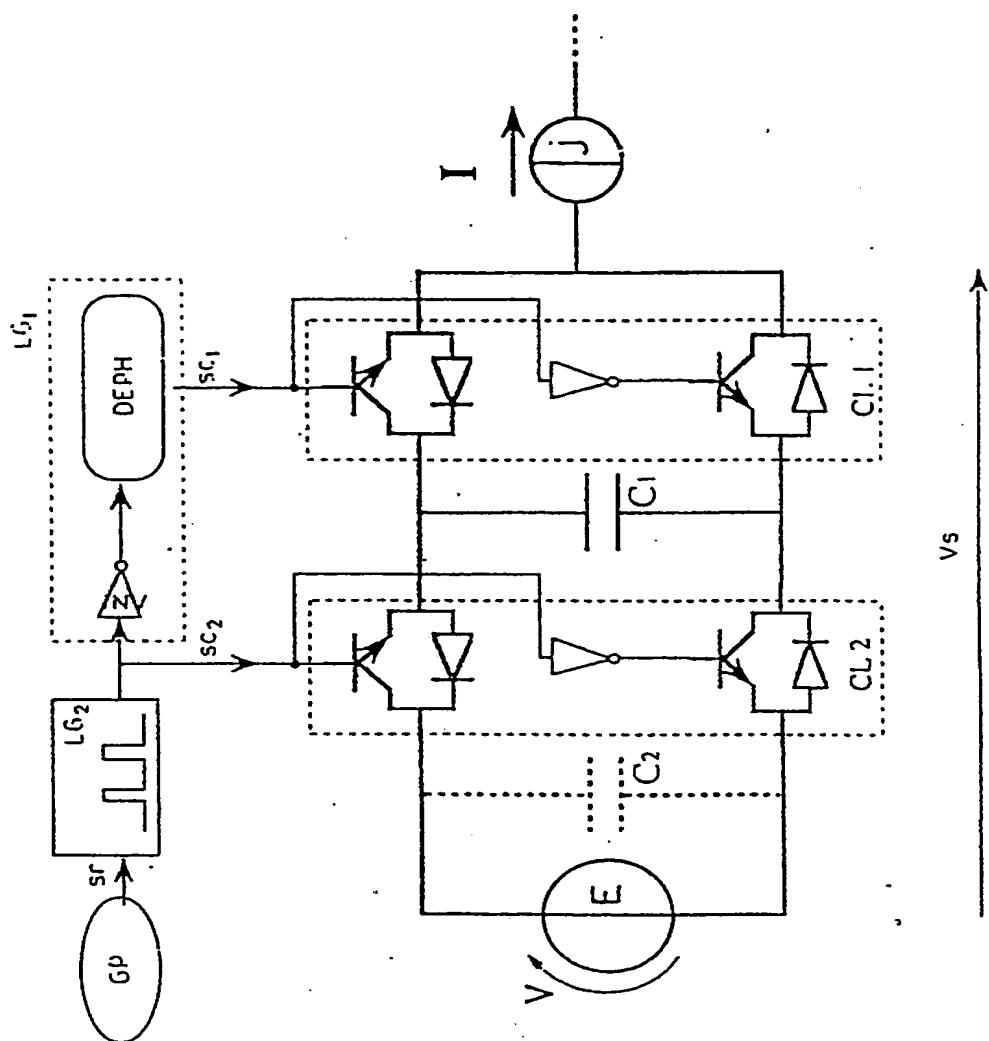


Fig. 12

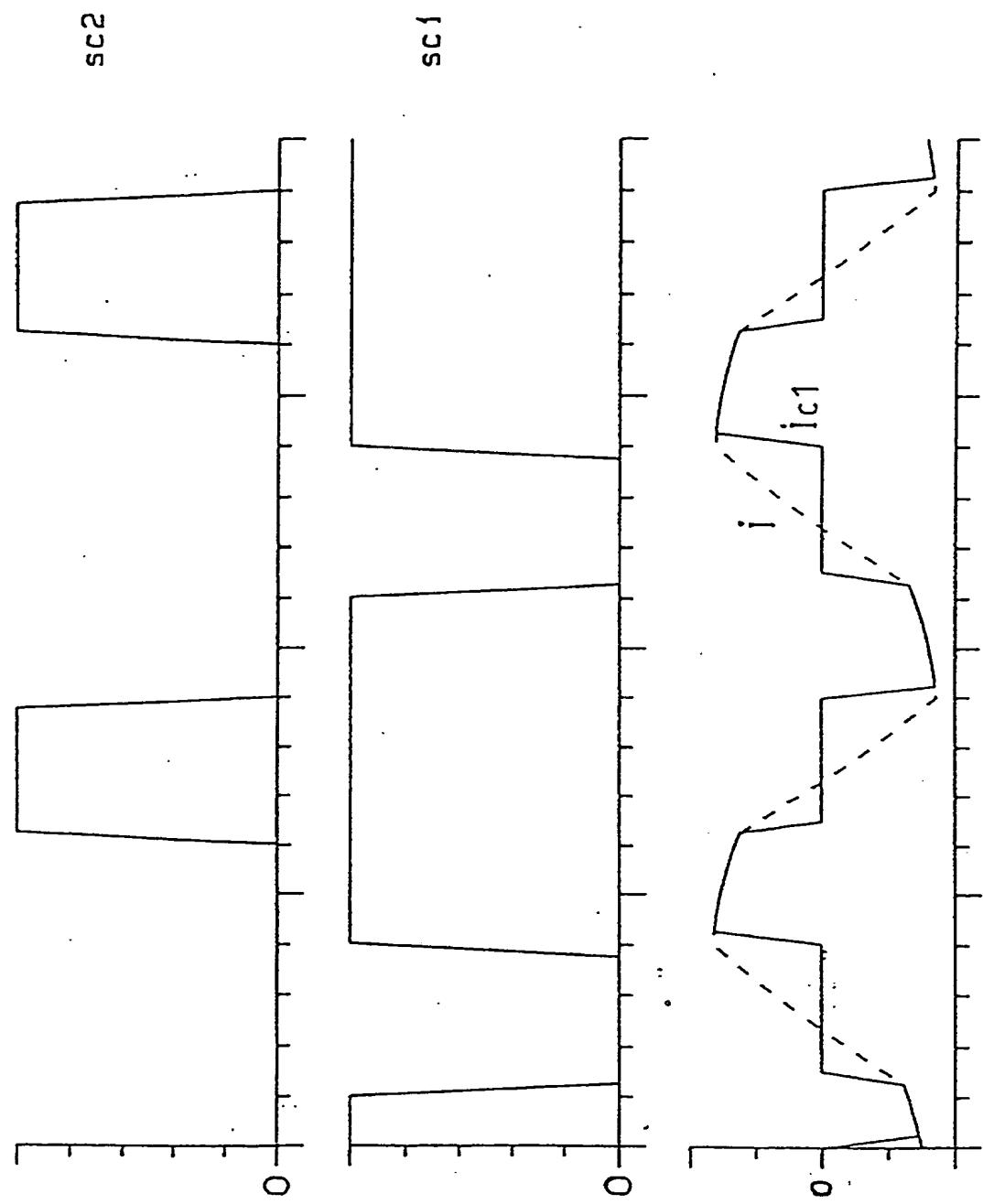


Fig. 13

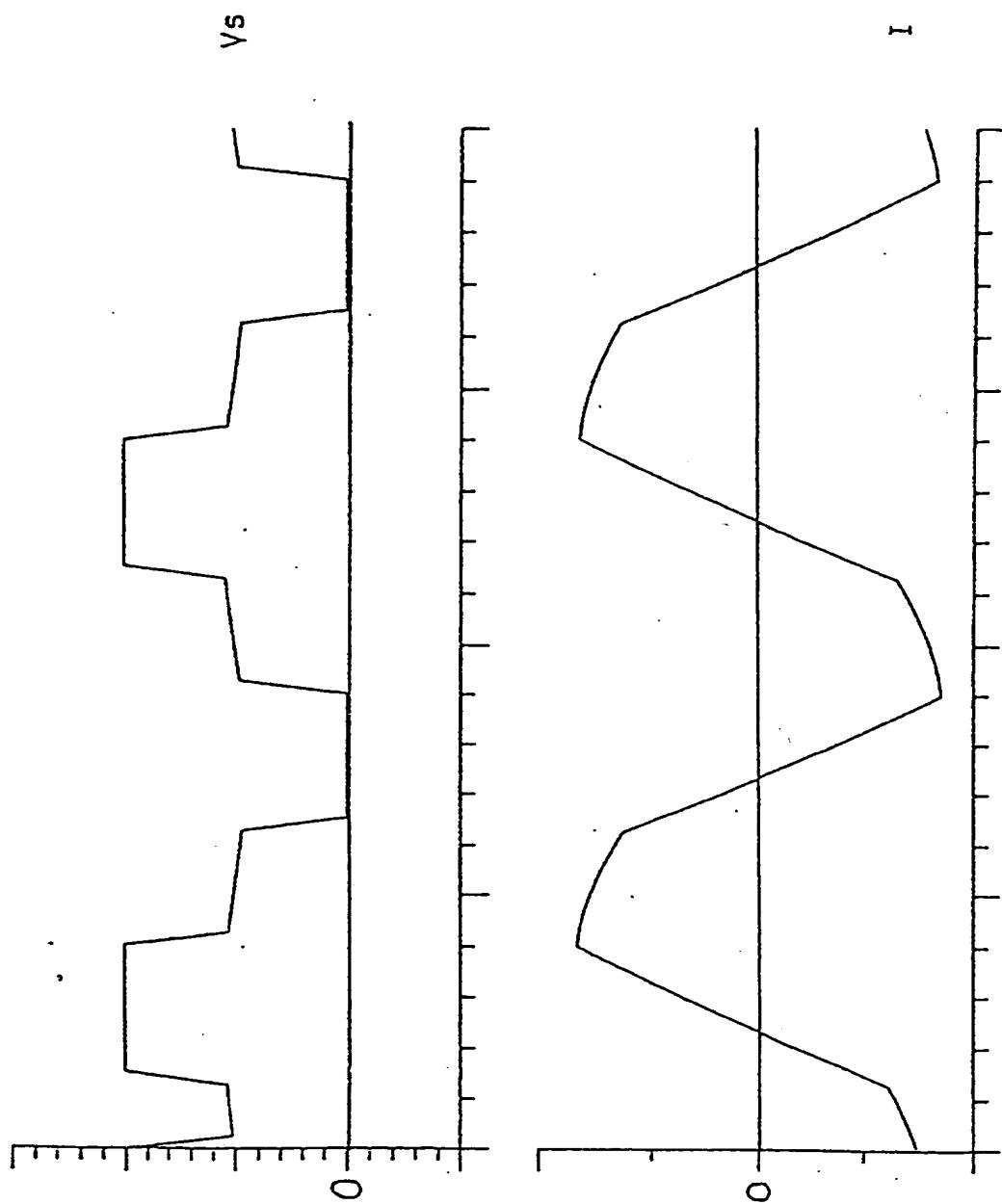


Fig. 14

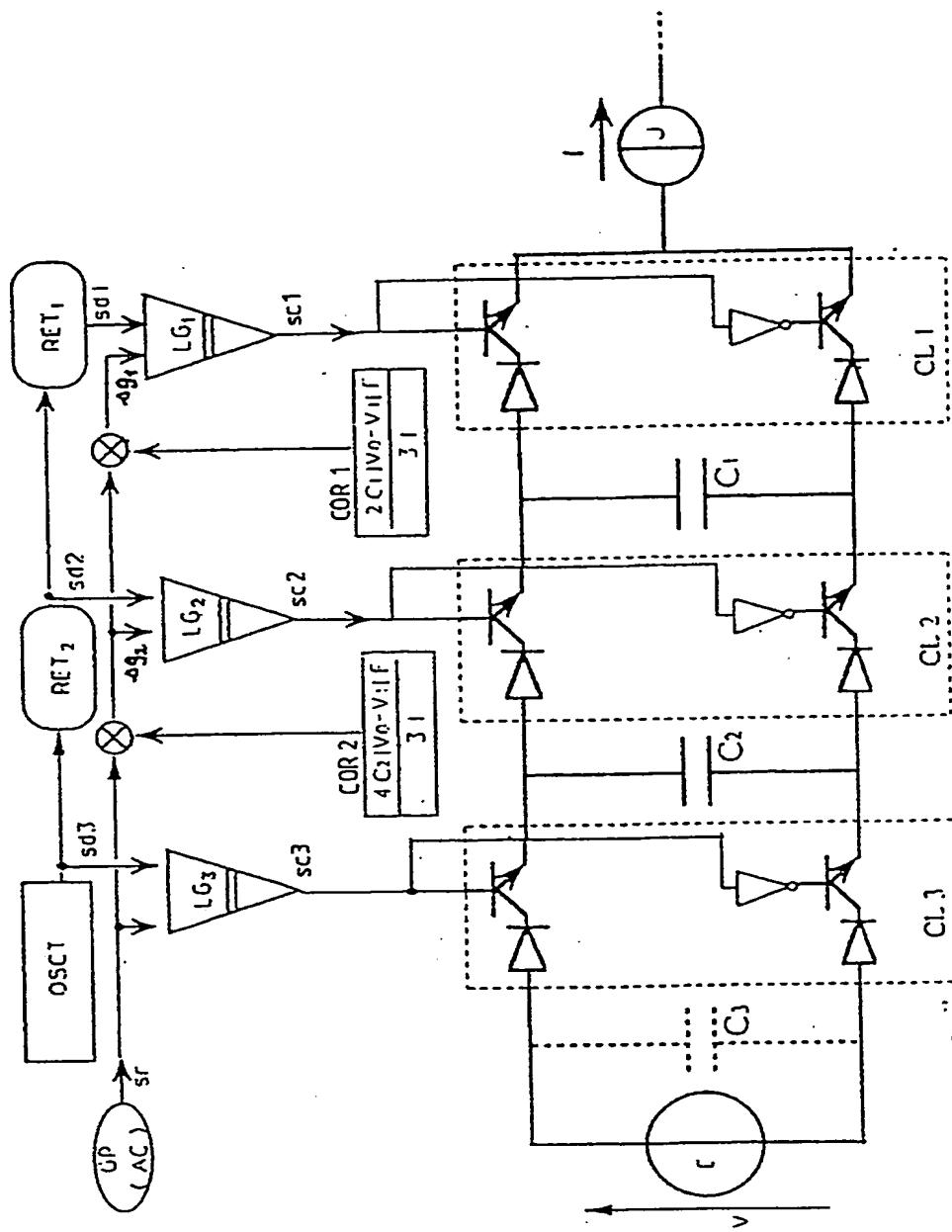
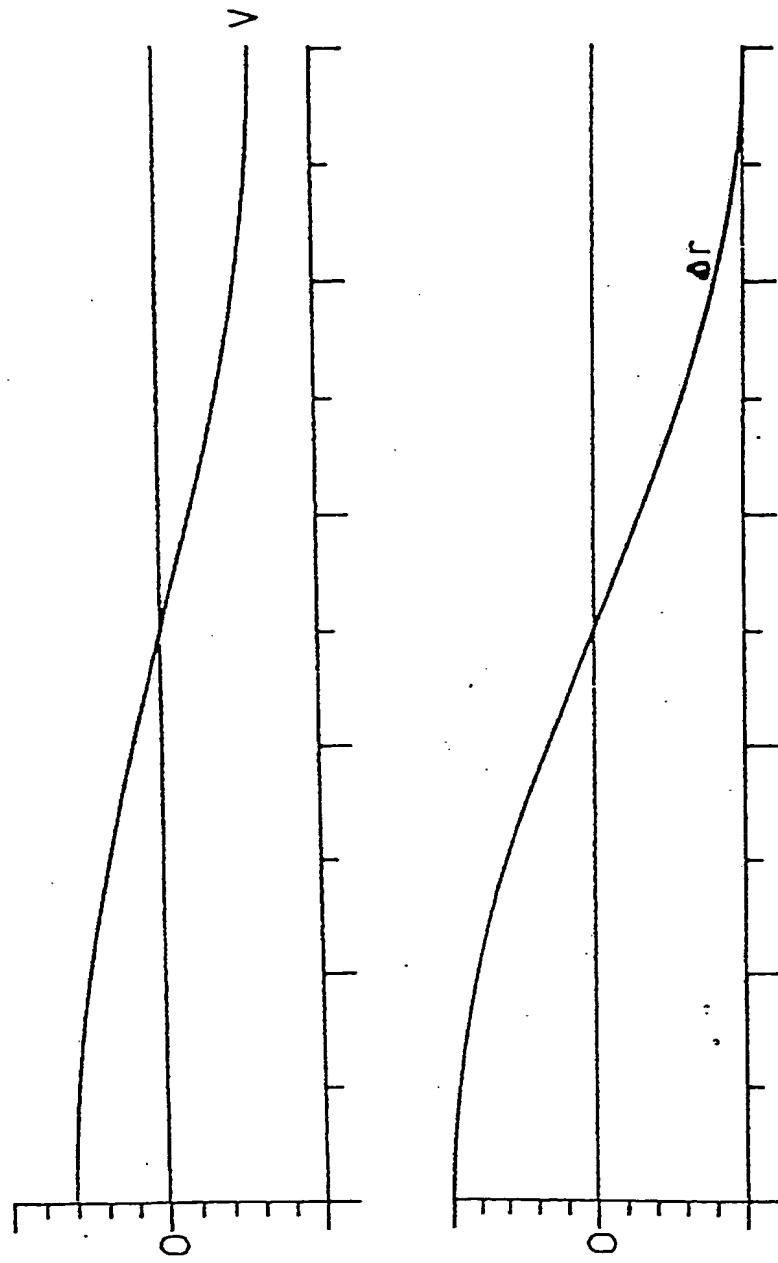


Fig. 15

Fig. 16



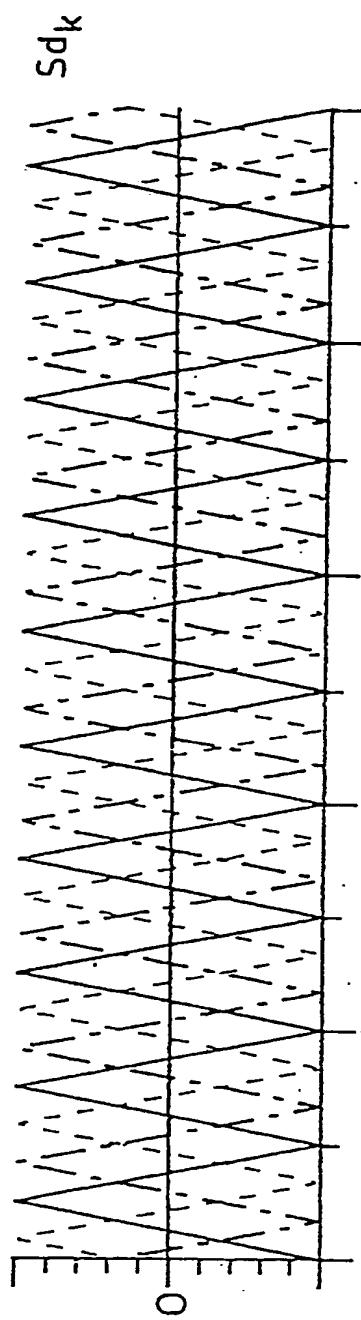


Fig. 17

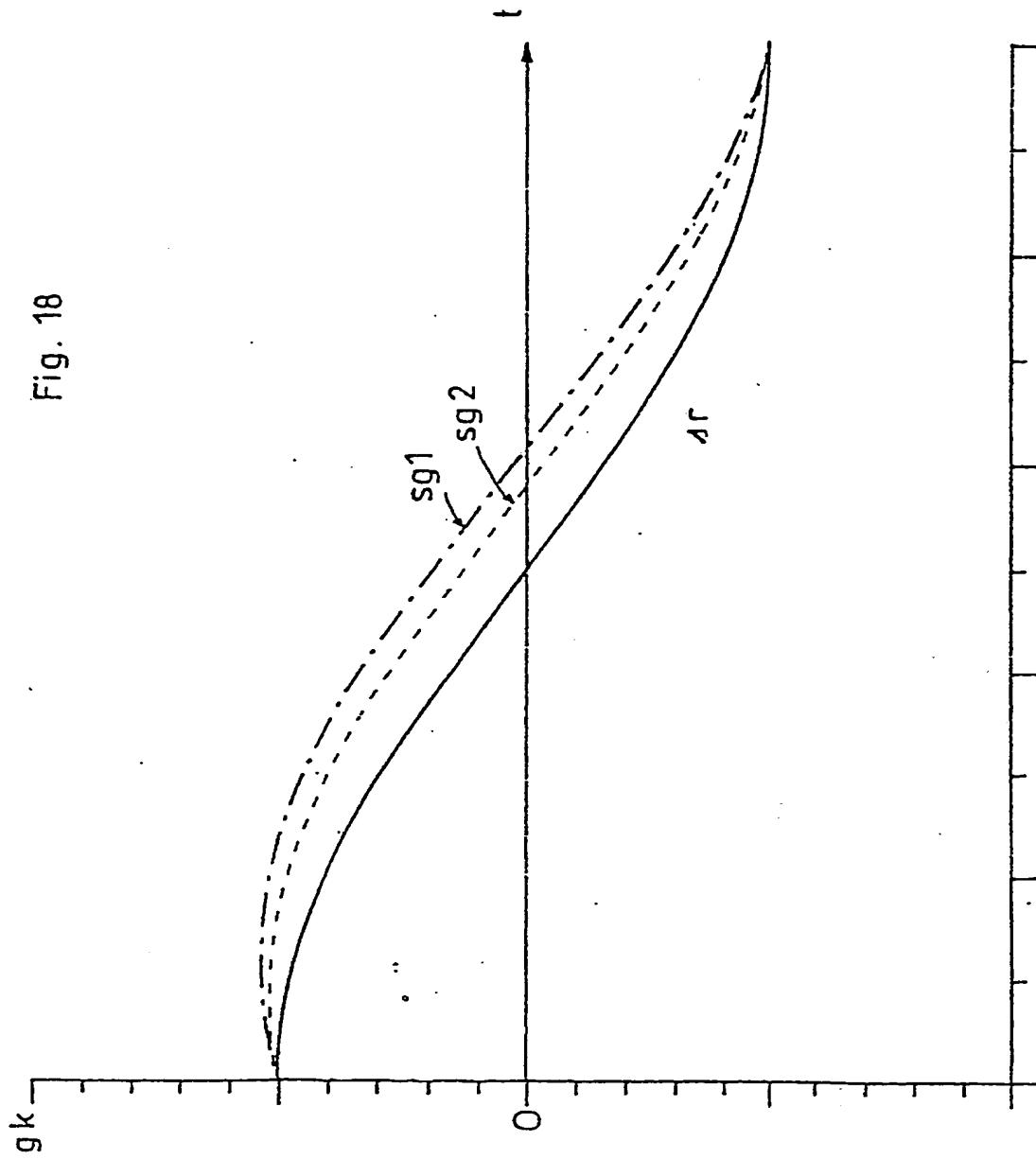
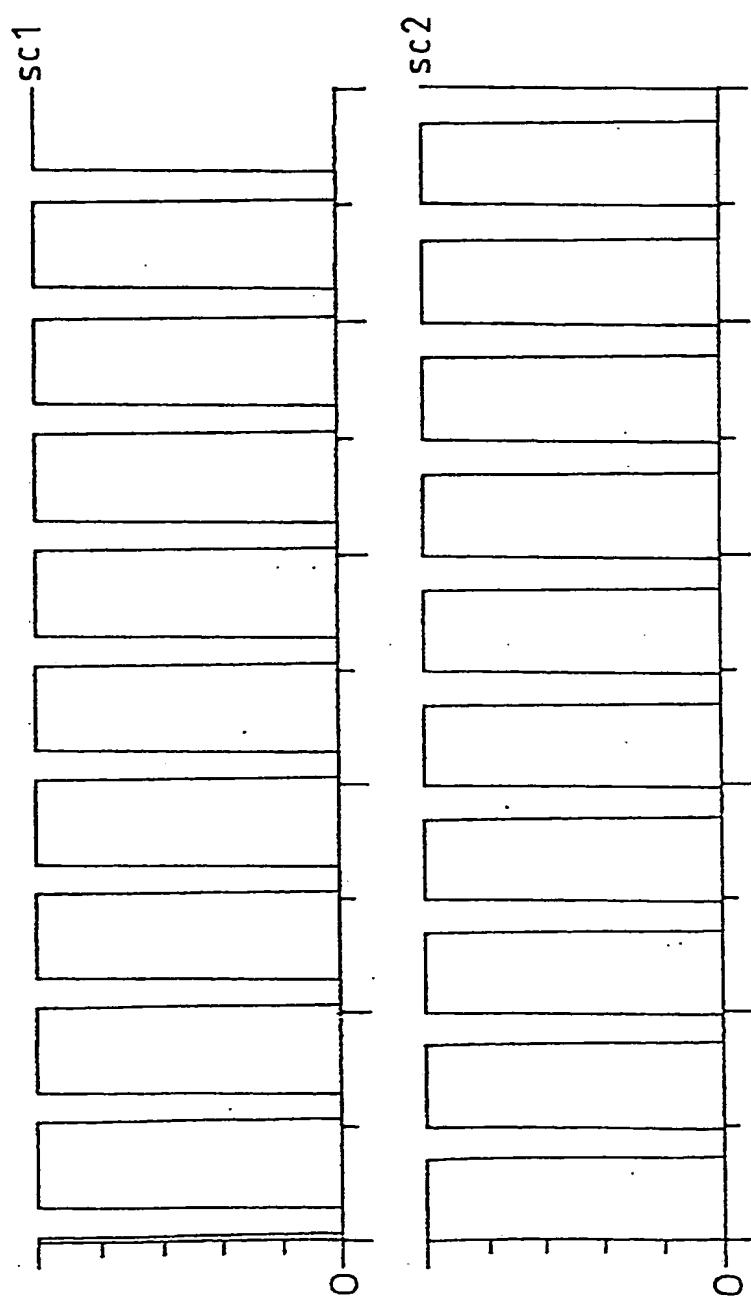


Fig. 19



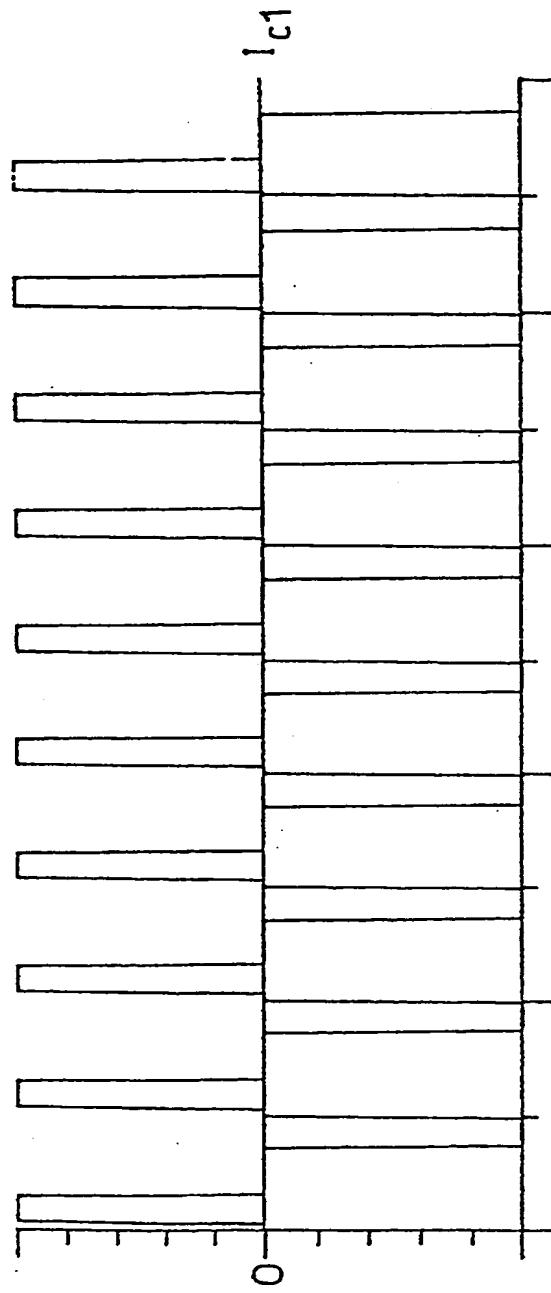
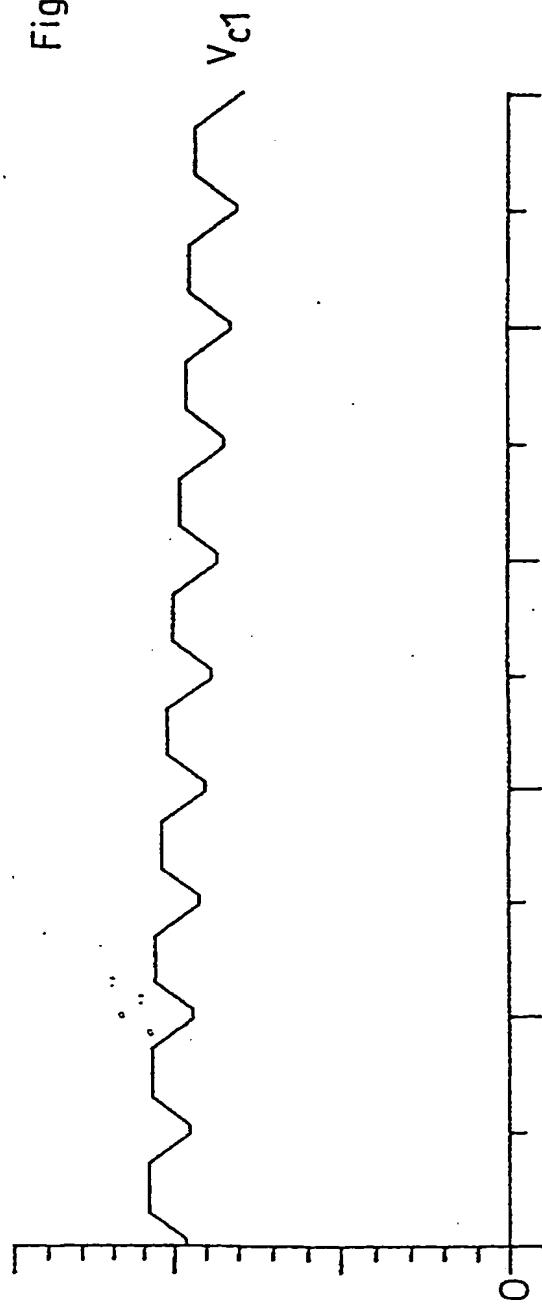
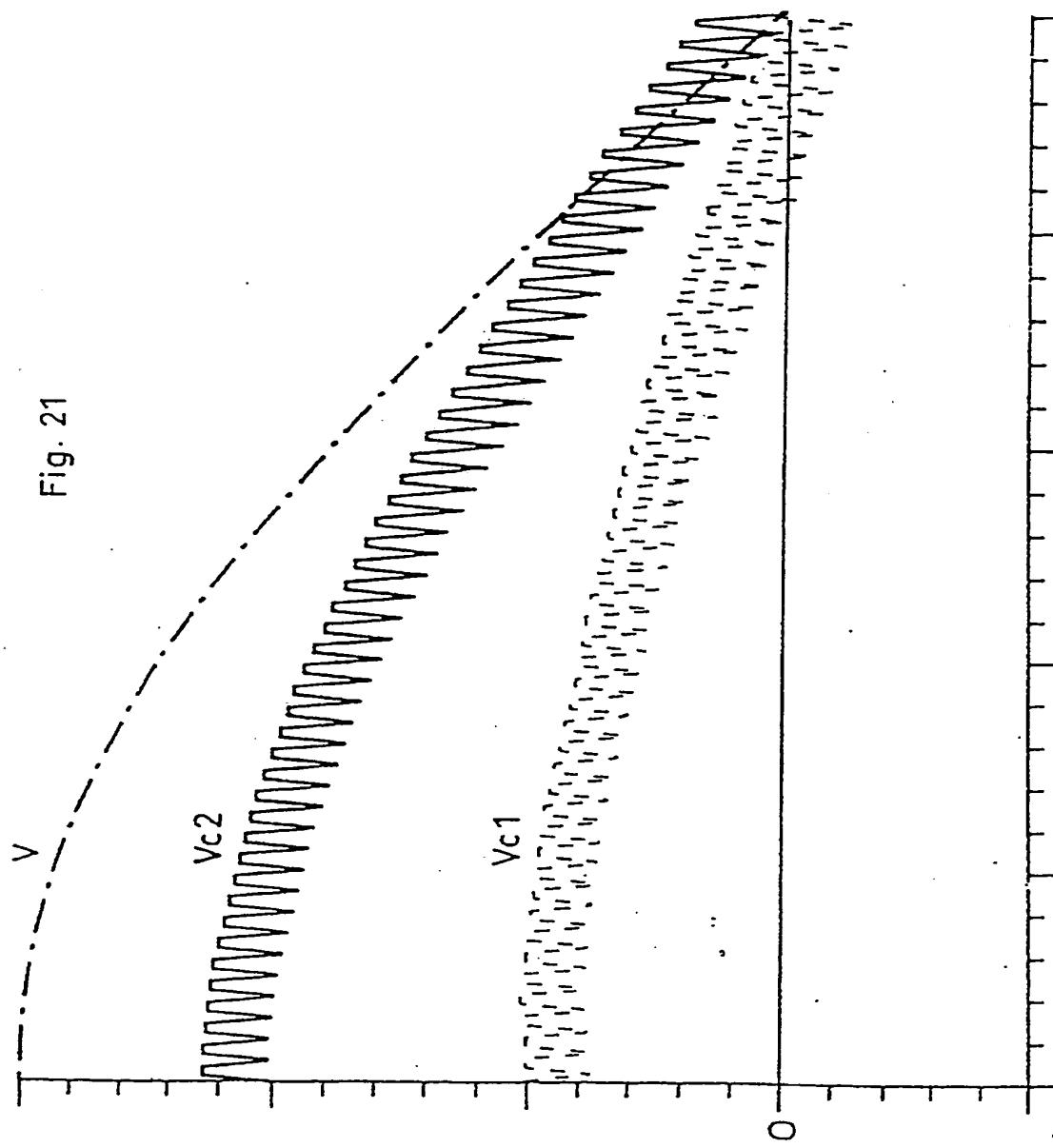


Fig. 20





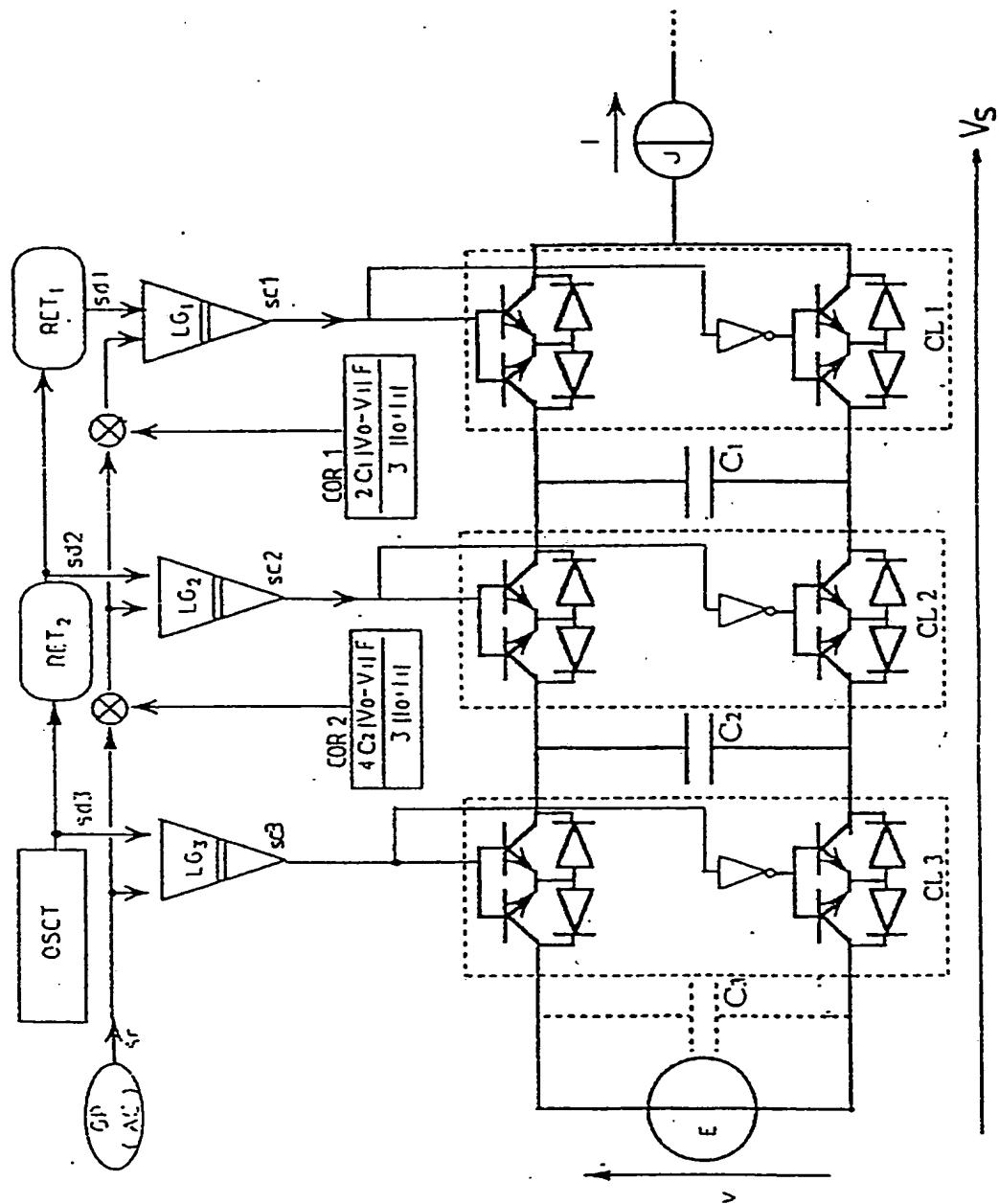


Fig. 22

Fig. 23

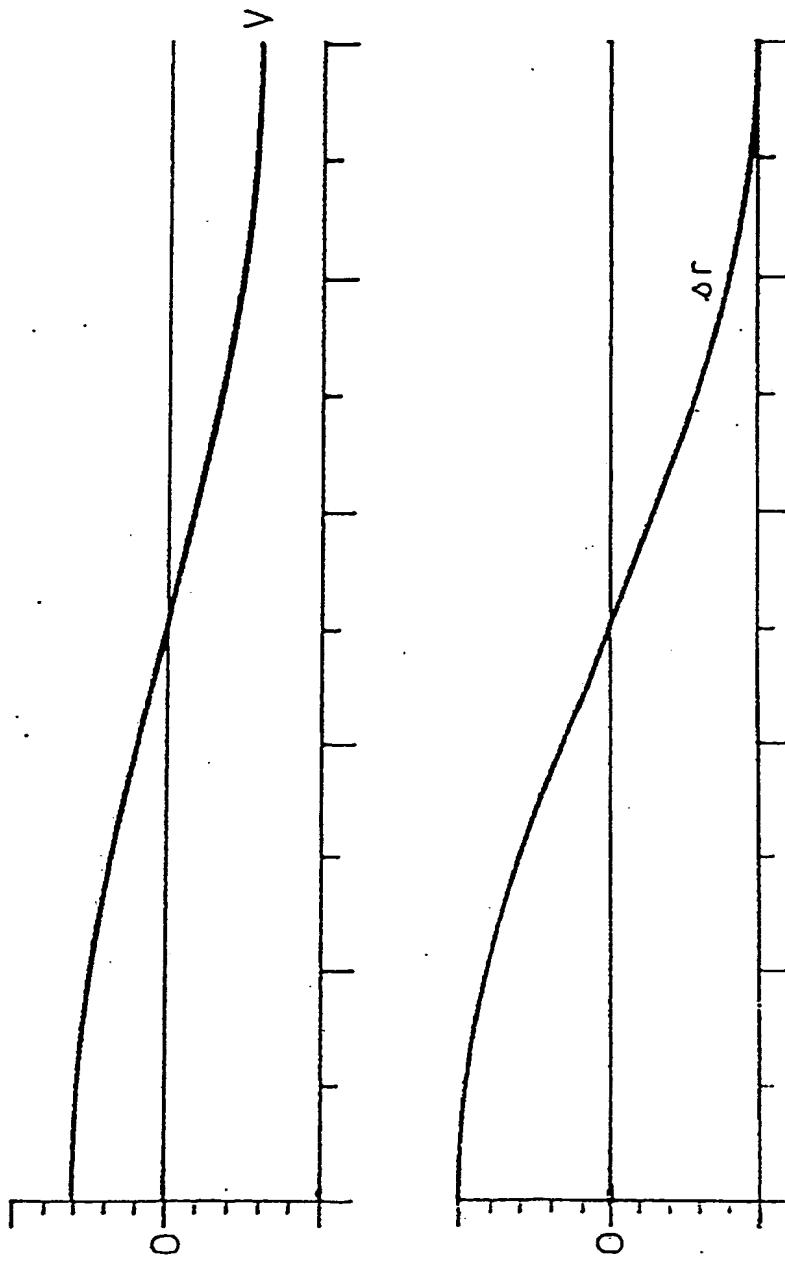
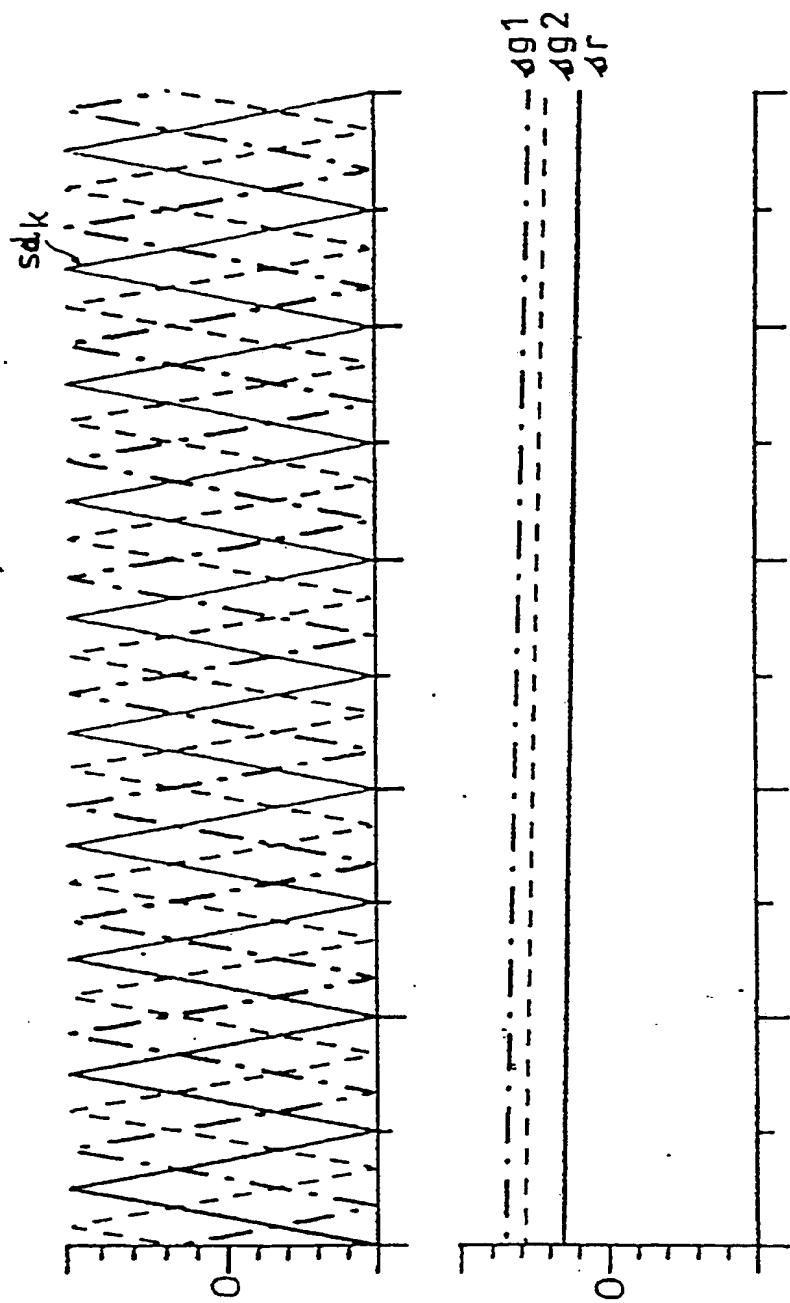


Fig. 24



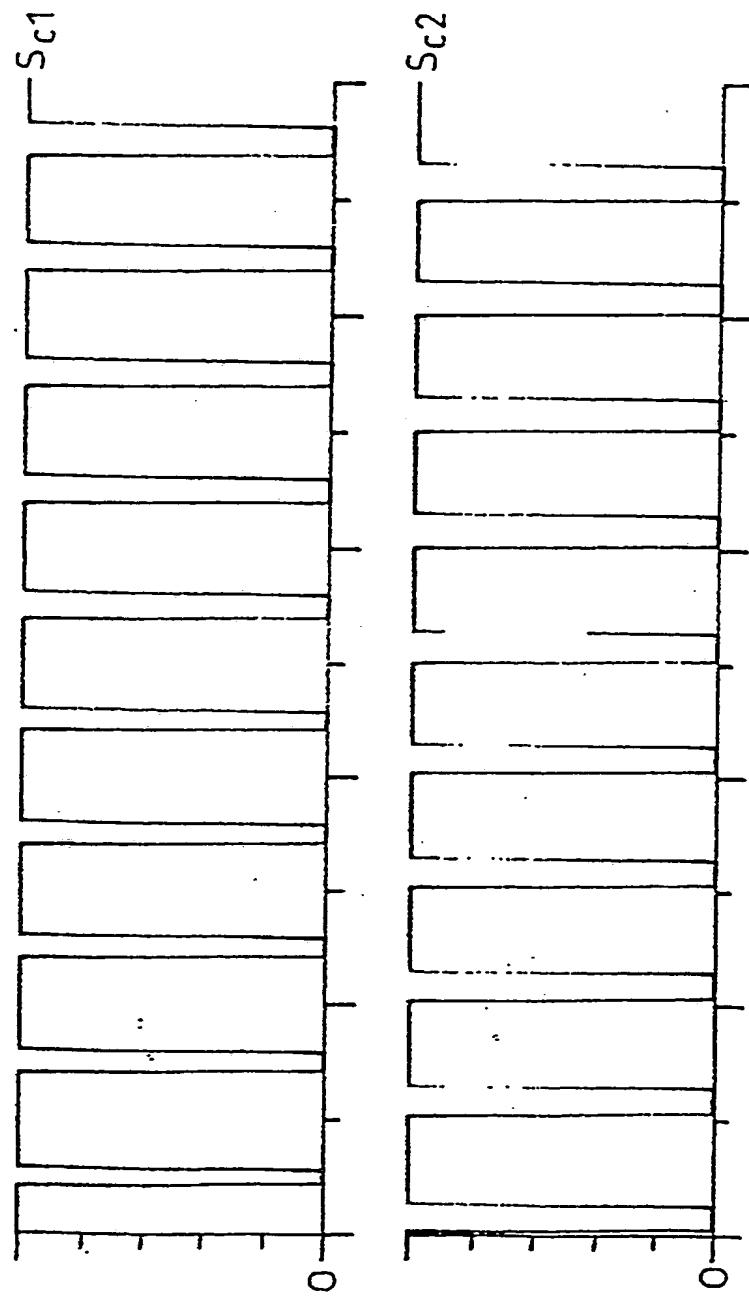


Fig 25

26/27

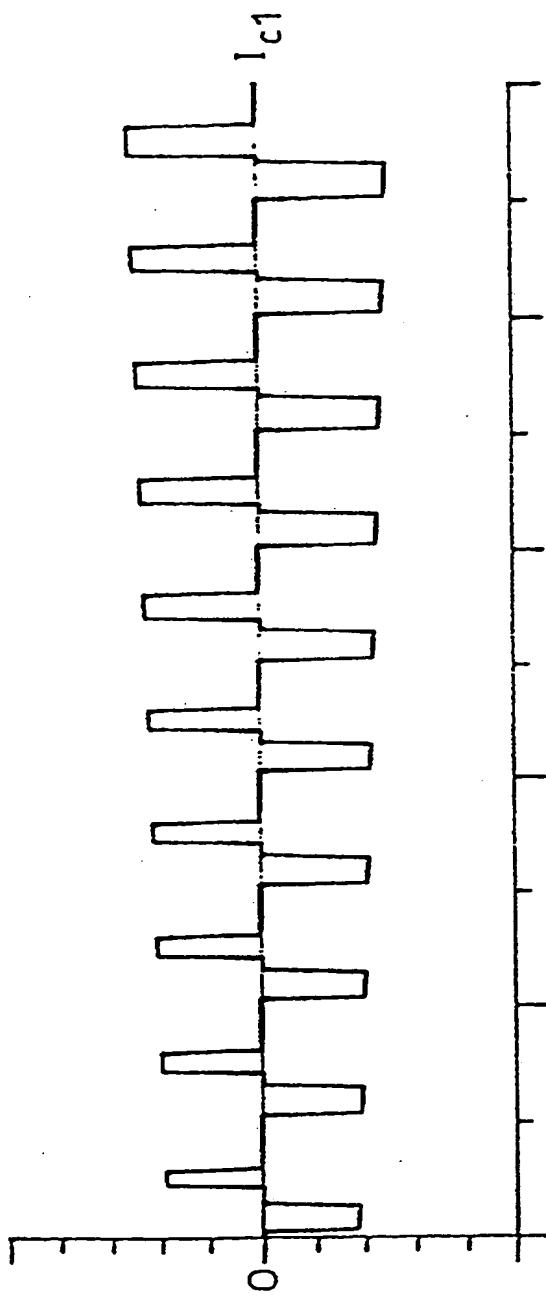


Fig. 26

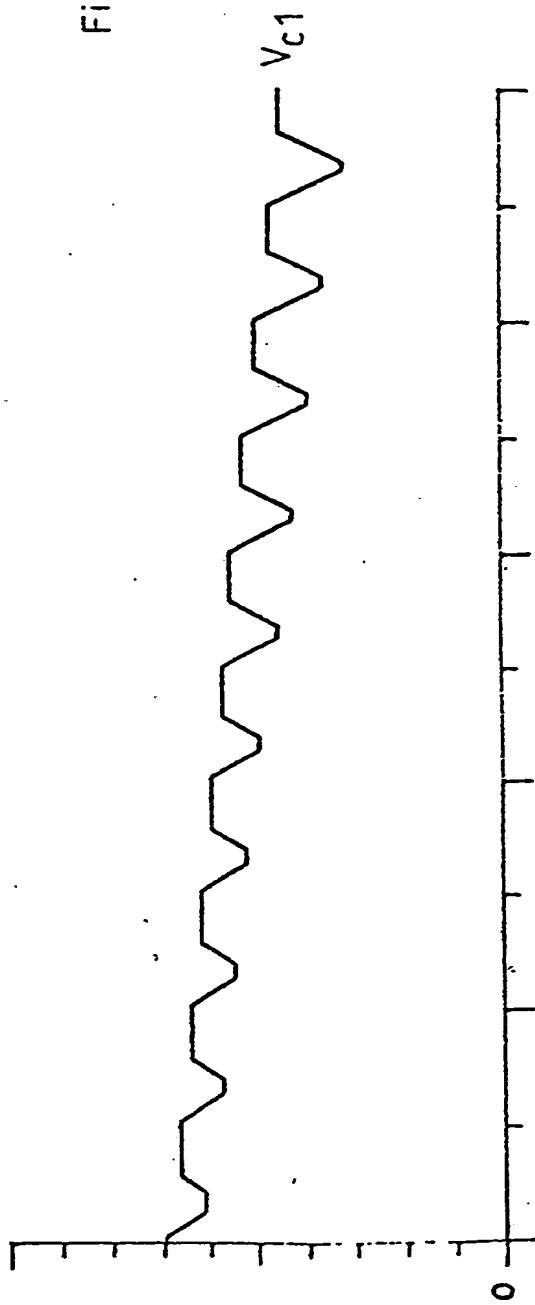
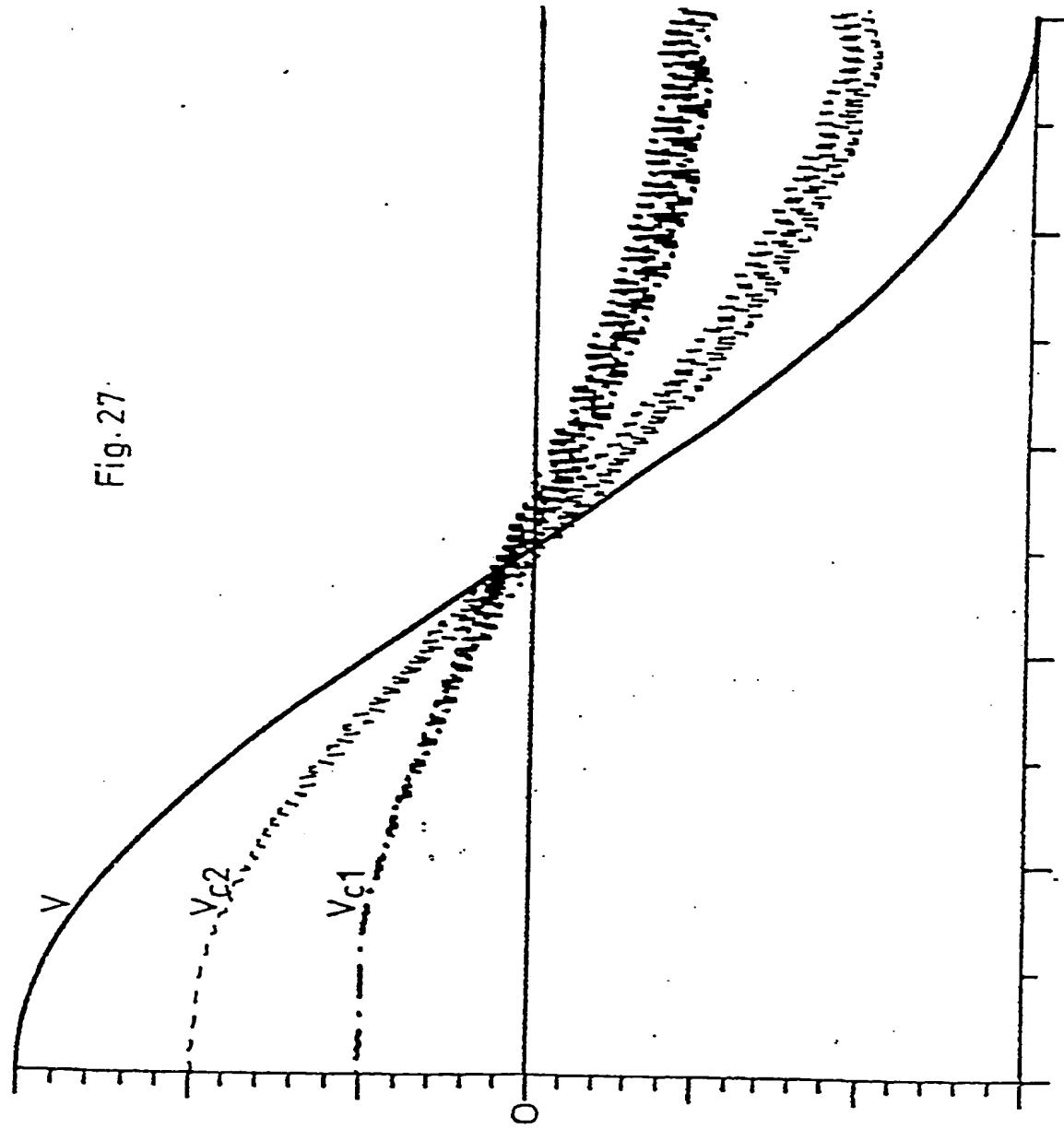


Fig. 27.



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.